

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

HOMERO IVAN PIERITZ

**SPIRIT: USO COMO JOGADOR EM JOGOS DE
EMPRESA**
Tese de Doutorado

Florianópolis
2003

HOMERO IVAN PIERITZ

**SPIRIT: USO COMO JOGADOR EM JOGOS DE
EMPRESA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia da Produção da Universidade Federal de
Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do
Título de Doutor em Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Bruno Hartmut Kopittke, Dr.

Florianópolis
2003

Ficha Catalográfica

P618s Pieritz, Homero Ivan
Spirit : uso como jogador em jogos de empresa / Homero Ivan
Pieritz; orientador Bruno Hartmut Kopittke. – Florianópolis, 2003.
277 f. : il. ; gráf. ; tabs.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2003.

Inclui bibliografia.

1. Administração de empresas – Processamento de dados.
2. Sistema de suporte de decisão. 3. Sistema especialista
probabilístico. 4. Jogos – Administração. I. Kopittke, Bruno
Hartmut. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa
de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. II. Título.

CDU: 658.5

SPIRIT: Uso como Jogador em Jogos de Empresa

HOMERO IVAN PIERITZ

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do Título de "Doutor em Engenharia".
E aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 04 de julho de 2003.

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Bruno Hartmut Kopittke, Dr.
Orientador

Profª. Silvia Modesto Nassar, Dr.
Membro

Prof. Claudio Loesch, Dr.
Examinador externo

Prof. Nelson Hein, Dr.
Examinador externo

Prof. Jorge Luiz Silva Hermenegildo, Dr.
Moderador

À minha família, pai, mãe e irmão; pela confiança em que eu conseguiria.

Ao meu orientador pela persistência no “caso perdido”.

Agradecimentos

Aos colegas do grupo GI-EPS pelas idéias, apoio e segurança transmitidos.

À banca de qualificação pelos novos rumos da tese que suas idéias mostraram.

À banca de defesa desta Tese pelas correções ao material apresentado.

*A todos que direta ou indiretamente
contribuíram para a realização
desta tese.*

"Estratégia é a sustentação de uma longa campanha de um modo que lhe seja favorável."

"Numa estratégia de longo prazo bem sucedida você precisa basicamente mudar as regras do jogo"

"Se você não está seguindo suas regras, você não é um líder e não estará determinando o resultado da batalha"

Clausewitz, Carl von, citado por Oetinger, B. v. [OET2001]

Resumo

PIERITZ, Homero Ivan. **SPIRIT: Uso como Jogador em Jogos de Empresa**. 2003. 277f Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis.

Na gestão empresarial a tomada de decisão constitui uma capacidade fundamental para o futuro da empresa. Esta tese utiliza Jogos de Empresa como laboratório de pesquisa sobre decisões empresariais com sistemas especialistas probabilísticos feitos a partir de SPIRIT. SPIRIT apresenta uma nova maneira de pensar sobre o processo de suporte à decisão em várias áreas. Nesta tese foi criado um Sistema Especialista Probabilístico de Apoio à Tomada de Decisão, que serve como ferramenta para a sugestão de decisões das equipes que participam das simulações do Jogo de empresas GI-EPS. Esta ferramenta pode ser utilizada como um auxiliar das equipes na tomada de decisão, bem como um *Jogador Automático*, capaz de adaptar-se à *situação* que uma empresa *simulada* no jogo se encontra, tomando as decisões no lugar de uma equipe real. Como resultado dos trabalhos de criação deste sistema uma nova abordagem de desenvolvimento é proposta, representada por um método para geração de regras a partir de uma amostra, além da avaliação da qualidade da amostra para treinamento. Sendo que esta abordagem é voltada às características e recursos específicos da ferramenta SPIRIT, utilizada nesta tese. Esta abordagem é baseada no uso dos recursos da ferramenta, que outros softwares da mesma categoria ou não dispõe, ou então dispõe de maneira menos eficiente, como o agrupamento de variáveis (LEG), e o uso da entropia na construção da Rede Causal.

Palavras chave: Geração de Regras, Jogos de Empresa, Sistema de Apoio à Decisão, Sistema Especialista Probabilístico, SPIRIT.

Abstract

PIERITZ, Homero Ivan. **SPIRIT: Uso como Jogador em Jogos de Empresa**. 2003. 277f Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis.

In the business administration the decision making is constitutes a fundamental capacity for the future of the company. This thesis uses Company-Game as research laboratory about business decisions with probabilistic expert systems done starting from SPIRIT. SPIRIT presents a new way to think on the decision support process in several areas. In this thesis a Probabilistic Expert System of Support to the Decision was created, it serves as tool for the suggestion of decisions for the teams that participate of the simulations on the company-game GI-EPS. This tool can be used as an assistant of the teams in the decision making, as well as an *Automatic Player*, capable to adapt to the *situation* that a simulated *company* in the game is, making the decisions in the place of a real team. As a result of the works for creation of this system a new development approach is proposed, acted by a method for rule generation starting from a sample, besides the evaluation of the quality of the sample for training. This approach is faced to the characteristics and specific resources of the tool SPIRIT, used in this thesis. This approach is based on the use of the resources in the tool, that other softwares of the same category or doesn't dispose, or then they have efficient less way, as the grouping of variables (LEG), and the use of the entropy in Cause Network construction.

Word keys: Company-Game, Decision Support System, Probabilistic Expert System, Rule-Generation, SPIRIT.

Sumário

	Página
Sumário	10
Lista de figuras	13
Lista de quadros	15
Lista de tabelas	16
Lista de abreviaturas, siglas e símbolos	17
1. Introdução	20
1.1 Definições Sintéticas	21
1.1.1 Jogos de Empresas	21
Breve Histórico de Pesquisas na Área	21
1.1.2 GI-EPS	22
1.1.3 Sistemas Especialistas	22
1.1.4 SPIRIT	23
1.2 Justificativa das pesquisas com Jogos de Empresa e	
Sistemas Especialistas	23
1.3 Problema	26
1.3.1 Hipótese	27
1.4 Objetivos	27
1.4.1 Justificativa da Tese	28
1.5 Relevância e Não Trivialidade	30
1.6 Metodologia	32
1.7 Organização do Trabalho	34
1.8 Limitações do Trabalho	35
2. Fundamentação Teórica	39
2.1 Jogos de Empresa	39
2.1.1 O que é o Jogo de Empresas GI-EPS?	41
2.2 Desenvolvimento da Inteligência Artificial e dos	
Sistemas Especialistas	45
2.2.1 Histórico	46
2.2.2 O que são Sistemas Especialistas - SE	47
Aquisição de Conhecimento	50
Representação do Conhecimento	51
Motor de Inferência	53
Mecanismos de Justificativa ou Explanação	54
Interface com o Usuário	55
Aprendizagem	55
2.3 REDES NEURAIS	56
2.3.1 O Ambiente	58
2.3.2 Como o conhecimento é representado na rede	59
2.3.3 O que as RNA não são?	59
2.3.4 Extração de Regras em RNA	60
2.3.5 Aquisição de Conhecimento	62
2.4 Sistemas "Fuzzy"	63
2.4.1 Sistema Especialista <i>Fuzzy</i>	65
2.4.2 Sistema Especialista Neuro- <i>Fuzzy</i>	66

2.5	Verdade, Acaso e Estatística	67
2.5.1	Noções de Probabilidade - Conceitos Preliminares	68
	Probabilidades e Eventos sem Experimentação.....	71
2.5.2	Redes de Bayes	71
	Probabilidades Condicionais e Regra de Bayes.....	72
	Aplicando a Regra de Bayes.....	74
	Redes Bayesianas.....	77
	Por que utilizar uma Rede de Bayes?.....	80
	Redes Bayesianas e Inferência Probabilística.....	81
	Terminologia e Notação para os Nodos da Rede Bayesiana da Aplicação.....	83
2.6	Definição de Sistemas Especialistas Probabilísticos - SEP	83
2.6.1	Por quê utilizar Sistemas Especialistas Probabilísticos em um Jogo de Empresas?	85
2.6.2	O que é SPIRIT?	88
	Características do sistema SPIRIT.....	92
	Grafo Não Direcionado.....	102
	Topologia de rede em um sistema SPIRIT.....	103
	Aprendendo de Observações.....	103
2.6.3	Utilização e vantagens do Sistema SPIRIT	104
2.7	Outras Ferramentas	105
2.7.1	Metodologias	107
	O Método ID3.....	107
3.	Desenvolvimento do Sistema	110
3.1	O Cenário da Aplicação	110
3.1.1	SAD-GI X SEPADO	111
3.2	Passos executados	112
3.2.1	Seleção das Variáveis do Protótipo	112
	Variáveis.....	114
3.2.2	Formulação da estrutura de regras e fatos	115
	O Método.....	119
3.2.3	Interpretação do SEPADO implementado	122
3.2.4	Análise de jogadas com o uso do SEPADO	122
	Teste 1.....	122
	Teste 2.....	127
	Teste 3.....	135
	Teste 4.....	138
3.2.5	Voltando ao princípio	140
	A Fórmula.....	140
	SPIRIT 3 - 0.9.8.8.....	141
	Ampliando as Regras.....	141
	Teste 4 Novamente.....	144
	Teste 5.....	149
	Teste 6.....	152
3.3	Dividindo o Sistema	155
3.3.1	Construindo o Módulo Simplificado (SEPADOLIGHT)	155
	Calculando a Base Amostral.....	156
3.3.2	Gerador Automático	158
3.3.3	Teste 7	168
3.3.4	Teste 8	170
3.3.5	Teste 9	173
3.3.6	Teste 10	175
3.3.7	Teste 11	176
3.4	Mudanças após o exame pela Banca de Qualificação	176
3.4.1	Estrutura da rede gerada pelo SPIRIT	177
3.4.2	Estrutura de LEG utilizada nos testes de campo	177
3.5	Teste de Campo	180

3.5.1	Período 2	181
3.5.2	Período 3	181
3.5.3	Período 4	182
3.5.4	Período 5	182
3.5.5	Período 6	183
3.5.6	Período 7	184
3.5.7	Período 8	184
3.5.8	Período 9	185
4.	Conclusões e Comentários	186
4.1	Objetivos atingidos	186
4.2	Consultor	188
4.3	Simulador GI-EPS (Jogador Automático)	189
4.4	SPIRIT	190
4.5	SEPADO x GI-EPS X SAD-GI	192
4.6	Uso de SE para a melhoria na qualidade do ensino	193
4.6	Comentários Finais	194
5.	Referências	197
5.1	Referências citadas no Texto	197
5.2	Referências sugeridas para Leitura Complementar	206
Apêndices	214
APÊNDICE 1 -	Relação de regras geradas no protótipo na 1ª Fase	214
APÊNDICE 2 -	Relação de regras geradas no protótipo na 2ª Fase	215
APÊNDICE 3 -	Manual do Usuário SEPADO / SPIRIT	221
a.3.1	Introdução	221
a.3.2	Instalando JAVA	221
a.3.3	Instalando o SPIRIT	221
a.3.4	Instalando o SEPADO	222
a.3.5	Utilizando o SEPADO	223
a.3.6	Simulação de Cenários Alternativos	225
a.3.7	Variáveis e Instâncias	227
APÊNDICE 4 -	Estrutura do Jogador Inteligente	240
a.4.1	Novas variáveis	254
APÊNDICE 5 -	Relação de regras criadas pelo Gerador Automático e utilizadas na 2ª Fase	266
APÊNDICE 6 -	Relação de regras criadas pelo Gerador Automático e utilizadas no teste de campo	271
Glossário	273
AUTOR	277

Lista de figuras

Página

Figura 1.1 - Ciclo Genérico para o Desenvolvimento de um Sistema Especialista	33
Figura 2.1 - Dinâmica da aplicação GI-EPS.....	44
Figura 2.2 - Sistemas especialistas e sistemas baseados em conhecimento	48
Figura 2.3 - O Nó Z separa X de Y.....	77
Figura 2.4 - Uma Rede de Bayes simples.....	78
Figura 2.5 - Rede de Bayes.....	81
Figura 2.6 - Versão 1.0 do SPIRIT.....	90
Figura 2.7 - Versão 2.0 do SPIRIT.....	91
Figura 2.8 - Versão 3.0 em JAVA do SPIRIT.....	91
Figura 2.9 - Estrutura da Shell SPIRIT.....	94
Figura 2.10 - Aquisição de conhecimentos no exemplo MOTOR criado na versão 1.0 de SPIRIT.	94
Figura 2.11 - Agrupamento de variáveis no exemplo MOTOR.....	101
Figura 2.12 - Distribuição condicional de uma base de conhecimentos	102
Figura 2.13 - Tipos de Topologia de rede mais comuns.....	104
Figura 3.1 - Estrutura da 1ª versão do SEPADO implementado no SPIRIT	117
Figura 3.2 - Exemplo de instanciamento de um processo decisório.....	123
Figura 3.3 - Decisões da empresa 1 para o período 2 (1º Teste do SEPADO)	124
Figura 3.4 - Erro no SEPADO - Contradição na Base Amostral.....	126
Figura 3.5 - Decisões da empresa 1 para o período 2 (2º Teste do SEPADO)	129
Figura 3.6 - Decisões da empresa 1 para o período 10 (2º Teste do SEPADO)	132
Figura 3.7 - Decisões da empresa 2 para o período 10 (3º Teste do SEPADO)	136
Figura 3.8 - Estouro de LEG.....	139
Figura 3.11 - SPIRIT 3 - Versão 0.9.8.8.....	142
Figura 3.10 - Decisões da empresa 1 para o período 10 (2º Teste do SEPADO)	143
Figura 3.11- Decisões da empresa 1 para o período 2 (4º Teste do SEPADO)	147
Figura 3.12 - Decisões da empresa 1 para o período 10 (4º Teste do SEPADO)	148
Figura 3.13 - Decisões da empresa 1 para o período 10 (5º Teste do SEPADO)	151
Figura 3.14 - Decisões da empresa 2 para o período 10 (6º Teste do SEPADO)	154
Figura 3.15 - Visão Geral das Variáveis.....	161

Figura 3.16 - Estrutura UML do módulo APPLET1 para entrada dos dados no sistema	163
Figura 3.17 - Tela para escolha do jogo a ser importado.....	164
Figura 3.18 - Estrutura UML do módulo DIALOG1 para entrada dos dados no sistema	165
Figura 3.19 - Estrutura UML do módulo APPLET1 para criação da base de dados do sistema	166
Figura 3.20 - Estrutura UML do módulo DIALOG1 para criação do arquivo especialista do SEPADO	167
Figura 3.21 - Sugestões para a empresa 2 (Teste 7 - Período 1 para 2)	169
Figura 3.22 - Sugestões para a empresa 4 (Teste 8 - Período 2 para 3)	171
Figura 3.23 - Estrutura de Rede utilizada no teste de campo.....	178
Figura 3.24 - Visão da LEG Structure Window.....	179
Figura a.1 - Tela de Abertura do SPIRIT.....	222
Figura a.2 - Abertura do Sistema SEPADO.....	223
Figura a.3 - Botão <i>Start-Iteration</i>	223
Figura a.4 - Botão Maximizar <i>Dependences</i>	224
Figura a.5 - Botão Janela de Zoom.....	224
Figura a.6 - Janela Graph Map.....	224
Figura a.7 - Botão Centralizar Janela.....	225
Figura a.8 - Regulagem de intensidade de Zoom.....	225
Figura a.9 - Botões de Exibição / Recolhimento das alternativas das Variáveis.	225
Figura a.10 - Estrutura das Variáveis do SEPADO.....	226
Figura a.11 - Exemplo de instanciamento de um processo decisório	228
Figura a.12 - Visão Geral das Variáveis.....	262
Figura a.13 - Variáveis Ambientais (Entrada de Dados)	263
Figura a.15 - Variáveis Decisão (Combinação de Decisões Calculada pelo SEPADO)	265

Lista de quadros

Página

Quadro 2.1 - Membros de uma equipe GI-EPS.....	42
Quadro 2.2 - Principais relatórios do GI-EPS.....	43
Quadro 2.3 - Material do GI-EPS.....	44
Quadro 2.4 - Características dos especialistas humanos e artificiais	50
Quadro 3.1 - Configuração das variáveis quanto ao tipo, funções e atributos	116
Quadro 3.2a - Configuração das variáveis quanto ao tipo, funções e atributos após as modificações propostas	159
Quadro 3.2b - Configuração das variáveis quanto ao tipo, funções e atributos após as modificações propostas	160
Quadro a.4.1a - Configuração das variáveis quanto ao tipo, funções e atributos após as modificações propostas	260
Quadro a.4.1b - Configuração das variáveis quanto ao tipo, funções e atributos após as modificações propostas	261

Lista de tabelas

Página

Tabela 2.1 - Tabela do exemplo.....	95
Tabela 3.1 - Lucros / Volume de Vendas após o 2º período da Aplicação (Teste 1 - Empresa 1)	125
Tabela 3.2 - Preços Médios por Mercado após o 2º período da Aplicação (Teste 1 - Empresa 1)	125
Tabela 3.3 - Sistemática para determinação de α	128
Tabela 3.4 - Venda / Demanda após o 2º período da Aplicação (Teste 2 - Empresa 1)	130
Tabela 3.5 - Preços e Propaganda Médios por Mercado após o 2º período da Aplicação (Teste 2 - Empresa 1)	130
Tabela 3.6 - Lucros e diversos após o 10º período da Aplicação (Teste 2 - Empresa 1)	133
Tabela 3.7 - Diversos após o 2º período da Aplicação (Teste 3 - Empresa 2)	135
Tabela 3.8 - Diversos após o 10º período da Aplicação (Teste 3 - Empresa 2)	137
Tabela 3.9 - Preços Médios por Mercado após o 2º período da Aplicação (Teste 4)	145
Tabela 3.10 - Diversos após o 10º período da Aplicação (Teste 4 - Empresa 1)	146
Tabela 3.11 - Diversos após o 10º período da Aplicação (Teste 5)	150
Tabela 3.12 - Resultados do Teste 7 (Período 2)	170
Tabela 3.13 - Resultados do Teste 8 (Período 3)	172
Tabela 3.14 - Resultados do Teste 9 (Período 4)	174
Tabela 3.15 - Resultados do Teste 10 (Período 5)	175
Tabela 3.16 - Resultados do Teste 11 (Período 6)	176
Tabela 3.17 - Resultados do teste de campo no período 2	181
Tabela 3.18 - Resultados do teste de campo no período 3	182
Tabela 3.19 - Resultados do teste de campo no período 4	183
Tabela 3.20 - Resultados do teste de campo no período 5	183
Tabela 3.21 - Resultados do teste de campo no período 6	184
Tabela 3.22 - Resultados do teste de campo no período 7	184
Tabela 3.23 - Resultados do teste de campo no período 8	185
Tabela 3.24 - Resultados do teste de campo no período 9	185

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

Abreviaturas:

CF.	: CONFORME
E.G.	: "EXEMPLI GRATIA" (POR EXEMPLO)
I.E.	: "ID EST" (ISTO É)
SSE.	: SE E SOMENTE SE

Siglas:

ABSEL	: ASSOCIATION FOR BUSINESS SIMULATION AND EXPERIMENTAL LEARNING
AC	: AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO
AE	: ALGORITMOS EVOLUCIONÁRIOS
AG	: ALGORITMOS GENÉTICOS
CE	: COMPUTAÇÃO EVOLUCIONÁRIA
CPU	: CENTRAL PROCESSING UNIT - UNIDADE DE PROCESSAMENTO CENTRAL
HES	: HYBRID EXPERT SYSTEM
IA	: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
IPS	: ITERATIVE PROPORTIONAL SCALING
JA	: JOGADOR AUTOMÁTICO
JE	: JOGOS DE EMPRESA
LEG	: LOCAL EVENT GROUPS
LJE	: LABORATÓRIO DE JOGOS DE EMPRESA

MBTI	: MYERS-BRIGGS TYPE INDICATOR (INDICADOR DE TIPO MYERS-BRIGGS)
PCP	: PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO
PES ou P.E.S.	: PROBABILISTIC EXPERT SYSTEM
PO	: PESQUISA OPERACIONAL
RB	: REDE BAYESIANA
RC	: REDE CAUSAL
RNA	: REDES NEURAIS ARTIFICIAIS
RNB	: REDES NEURAIS BIOLÓGICAS
RNN	: REDES NEURAIS NATURAIS
SAD	: SISTEMA DE APOIO À DECISÃO
SBC	: SISTEMA BASEADO EM CONHECIMENTO
SE ou S.E.	: SISTEMA ESPECIALISTA
SEP ou S.E.P.	: SISTEMA ESPECIALISTA PROBABILÍSTICO
SEPADO	: SISTEMA ESPECIALISTA PROBABILÍSTICO DE APOIO À DECISÃO PARA OBJETIVOS
SSD	: SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO (DO INGLÊS DSS - DECISION SUPPORT SYSTEM) OU SAD

Símbolos:

=	: IGUALDADE (CONECTIVO LÓGICO)
\neg	: NEGAÇÃO
\leq	: MENOR OU IGUAL
$<$: MENOR
$>$: MAIOR
\wedge	: CONECTIVO LÓGICO E (AND)
\vee	: CONECTIVO LÓGICO OU (OR)

Σ	: SOMATÓRIO
\cup	: UNIÃO DE CONJUNTOS
\cap	: INTERSEÇÃO DE CONJUNTOS
\emptyset	: CONJUNTO VAZIO
\prod	: Produtório ou Produto

1. INTRODUÇÃO

No processo de gestão de empresas a tomada de decisão representa uma fase importante para o futuro das mesmas, pois é nesta fase que se solucionam questões como: utilização de capacidade instalada, políticas comerciais, níveis de estoques e maneiras de financiamento do fluxo de caixa e dos patrimônios. Segundo Dawson [DAW93] “*uma decisão segura e eficaz depende na maioria das vezes da escolha de um processo adequado*”. A definição de um processo de decisão caracteriza antes de tudo a esquematização da decisão, o que por sua vez significa: estabelecer os fatos, determinar parâmetros de controle, as variáveis bem como as suas alternativas, as metas e regras a serem atingidas. Desta maneira o processo de decisão constitui-se em fase importante e preparatória para que se consiga oferecer o máximo de informação para a tomada de decisão. A decisão, sem o estabelecimento de um processo é realizável, mas a probabilidade da mesma ser eficaz e segura são diminuídas.

Como exemplo de decisão pode-se considerar a política de preços para um determinado produto em determinado período. O que parece ser algo simples, pode tornar o processo um verdadeiro cassino uma vez que sejam desconsideradas variáveis como: propaganda, prazos de pagamento, juros e descontos para os pagamentos à vista; além dos parâmetros e variáveis de controle, tais como a capacidade produtiva, os níveis de estoques de matérias primas e produtos, bem como as metas de vendas e de rentabilidade.

Dispõem-se atualmente no grupo GI-EPS, do Laboratório de Jogos de Empresa (LJE) da UFSC, de vasta experiência nas fases e nos problemas relativos ao desenvolvimento de jogos de empresa. Além disto o mesmo grupo é contato no Brasil da equipe de desenvolvimento da shell¹ para desenvolvimento de sistemas probabilísticos SPIRIT, sendo que alguns trabalhos conjuntos foram desenvolvidos. Desta maneira buscou-se estabelecer um problema de pesquisa que pudesse contemplar o uso de ambas as ferramentas.

¹ Vide Glossário.

1.1 Definições Sintéticas²

1.1.1 Jogos de Empresas

Os profissionais que se utilizam de ferramentas de assistência, e.g., radar, tomógrafos e sondas médicas, conhecem o quão importantes estes dispositivos são para o processo de decisão seguro e eficaz. A etapa de diagnóstico é crítica, pois erros ou falhas no levantamento do problema podem prejudicar o êxito da sua solução. Desta maneira o contato e a familiarização no uso de sistemas de apoio à decisão é um objeto de pesquisa importante.

Os Jogos de Empresas (JE) desenvolvidos em computadores são sistemas preparados para a simulação de diversas atividades específicas a uma empresa, podendo criar situações que envolvam a solução de problemas como: produção, formação de custo, preços, vendas, investimentos e finanças.

Breve Histórico de Pesquisas na Área

No ano de 1995 Wilhelm [WIL97], no processo de levantamento bibliográfico para sua obra, acessando diversas bases de dados formadas por teses na língua portuguesa e inglesa do ano base 1986, verificou que não existiam trabalhos relacionados com mudanças na criação de jogos de empresas, bem como da sua reestruturação tendo em vista o uso de sistemas de informação e apoio à decisão. Esta pesquisa, infelizmente, foi relativamente limitada uma vez que a disposição e o acesso as bases de dados sobre teses eram e ainda são deficitárias no Brasil.

Desta maneira também em julho de 1995, Wilhelm efetuou um levantamento alternativo na Internet, através do sistema de busca ALTAVISTA, que lhe indicou somente 56 ocorrências sobre o tema. Destas a grande maioria tratava de empresas que ofereciam treinamento e venda de softwares na área, além de cursos e também de escolas de negócios, sendo que alguns dos *sites* tratavam da divulgação ou venda de livros.

Em 2000 realizou-se a mesma pesquisa na Internet, desta vez com o uso do sistema de busca GOOGLE³ que não revelou mudanças significativas. As referências mais promissoras continuavam, como no trabalho de Wilhelm, sendo páginas de cursos e escolas de negócios. Dentre todas, tanto na pesquisa de Wilhelm como nesta nova pesquisa destaca-se a página do CENTER FOR MANAGERIAL LEARNING AND BUSINESS

² Vide Glossário.

³ Disponível em <<http://www.google.com/>>

SIMULATION⁴, mantido pelo College of Business Administration da Georgia Southern University. Este centro visa facilitar a disseminação e a pesquisa sobre o desenvolvimento e uso de JE através da Association for Business Simulation and Experimental Learning - ABSEL, mantendo um banco de dados e informações sobre jogos de gestão de negócios, estratégicos e internacionais, e uma significativa base bibliográfica sobre simulação e jogos de negócios.

1.1.2 GI-EPS

O Jogo de Empresas GI-EPS é um instrumento para capacitação e desenvolvimento gerencial que simula a vida empresarial através de um modelo que considera as principais variáveis do ambiente industrial. Criado em 1987, pelo LJE da UFSC, vem sendo aplicado e atualizado desde então com grande sucesso.

Durante todo o texto quando se citar um programa GI-EPS estará se referindo de forma genérica tanto à versão completa GI-EPS, como as versões GI-MICRO e GI-LITE, exceto quando explicitamente citada uma destas versões menores do sistema GI-EPS.

1.1.3 Sistemas Especialistas

Sistemas Especialistas e Sistemas Baseados em Conhecimento, que surgiram como puro processamento de regras determinísticas nos anos 70, conseguem hoje em dia trabalhar com conhecimento incerto, subjetivo e vago.

Existem basicamente quatro grandes linhas de pesquisa na representação do conhecimento incerto, conforme Lauritzen e Spiegelhalter [LAU88]; que seriam o modelo lógico baseado no processamento simbólico, o modelo lingüístico utilizando o raciocínio *fuzzy* para interpretar sentenças imprecisas da linguagem natural, a teoria de Dempster-Shafer com suas funções de crença e finalmente o modelo estatístico construído a partir do cálculo de probabilidades⁵, de acordo respectivamente com Cohen [COH85], Fox [FOX86], Zadeh [ZAD83] e Shafer [SHA76].

Uma destas áreas de pesquisa⁶ considera fatos e regras probabilísticos como uma ferramenta de relacionamento satisfatória entre o usuário e o sistema, uma vez que probabilidades são particularmente apropriadas para quantificar determinadas dependências formuladas por especialistas. As probabilidades de fatos e regras devem contudo, ou ser supridas por um perito, ou estimadas a partir de dados estatísticos.

⁴ Disponível em <<http://www.gasou.edu/coba/cmlbs/>>, consultado em 11/12/2000.

⁵ Explicado a seguir.

⁶ Modelo estatísticos construídos a partir do cálculo de probabilidades.

1.1.4 SPIRIT

A *shell* SPIRIT, foi divulgada inicialmente no Brasil em 1993 por Kopittke, Wilhelm e Lopes [KOP93], sendo desenvolvida pela equipe do Prof. Dr. W. Rödder na FernUniversität de Hagen - Alemanha. A ferramenta SPIRIT é capaz de realizar uma representação adequada do conhecimento sob incerteza, conforme Rödder e Xu [ROD92a], sendo capaz de processar, tanto as distribuições de frequências originadas de levantamentos estatísticos, como os conhecimentos de base subjetiva dos especialistas, manipulando o conjunto de regras informado através de heurísticas. SPIRIT pertence a classe dos sistemas de aprendizagem ativa e indutiva, uma vez que a partir de informações do especialista são realizadas transformações na estrutura da base de conhecimentos lida. Também as relações indiretas, i.e., não diretamente observadas pelo especialista ou obtidas nos levantamentos estatísticos, são determinadas através de cálculos transitivos (ou propagação). A principal característica do sistema SPIRIT é a de estabelecer conclusões lógicas (no sentido do predicado lógico) a partir de uma dada distribuição de probabilidade conjunta, informada ou não, que no caso é calculada pelo próprio SPIRIT.

Esta é uma ferramenta relativamente nova, que apesar de muito poderosa em seus recursos ainda não foi suficientemente explorada na sua utilidade para a criação de sistemas de decisão, notadamente em jogos de empresa.

1.2 Justificativa das pesquisas com Jogos de Empresa e Sistemas

Especialistas

As capacidades de diagnóstico, classificação e de resolução de problemas são características que todo decisor necessita aperfeiçoar. Diversas situações reais podem ser simuladas através de Jogos de Empresa, e a experiência com os mesmos tem evidenciado que na falta de sistemas de apoio o processo de decisão utilizado tende a apresentar pouca eficácia em função dos seguintes problemas:

- dificuldades na definição e no controle sobre missão e rumo da empresa. No caso capacidades, metas e desempenho a ser atingido;
- dificuldades na adoção de atitudes pró-ativas em relação a problemas e oportunidades eminentes;
- predomínio de ações reativas;
- predomínio de fatores psicológicos e emocionais sobre os fatores racionais nas análises;

- grande concentração na análise de fatores isolados e muitas vezes irrelevantes.

Wilhelm [WIL97] coloca que:

“O consenso em decisões estratégicas também é algo difícil de ser obtido. Esta regra vale para a maioria das situações simuladas pelos jogos de empresas de acordo com as experiências dos vários autores pesquisados. Os participantes das equipes normalmente tem percepções divergentes, aversões variadas ao risco e, principalmente, os fatores psicológicos dificultam uma análise mais racional do cenário simulado.”

Conforme também já havia sido comentado por Wilhelm em sua tese [WIL97] o artigo de Keys e Wolfe [KEY90] dentre diversos ainda é o mais representativo também para esta tese, pois resume a evolução e usos dos JE em educação e pesquisa. Neste estudo são apresentadas relevantes referências sobre a importância do tema.

O estudo aponta que o papel do instrutor e o dos sistemas de apoio tem sido considerado como um fator suplementar nas pesquisas. O levantamento realizado por Keys e Wolfe considerou diversos trabalhos realizados sob a ótica da importância do instrutor e dos efeitos do uso de recursos suplementares em jogos de empresas, chegando a constatação de que além da importância do papel ativo do instrutor, a aprendizagem depende significativamente da forma como o *feedback*⁷ é proporcionado.

O mesmo artigo comprova a importância e a necessidade de pesquisas neste campo, pois conclui que⁸ (itens em negrito norteiam a justificativa da tese):

“...Áreas que requerem pesquisa adicional sobre o valor dos jogos para a administração como experiências educacionais, podem ser organizadas em três grupos: Contribuições ou seleção de time ou jogo; o processo de ensino / aprendizagem em si; e as saídas / resultados dos jogos / aplicações”.

“ ...As fases de aprendizagem pelas quais os participantes progridem nos jogos estão bem definidas, assim como os ciclos de vida organizacionais experimentados por times enquanto eles executam uma aplicação.”

⁷ Vide Glossário.

⁸ O texto é uma tradução do Doutorando à referida citação.

"Pesquisas indicam claramente que o instrutor não deve ser passivo no exercício da simulação, mas além desta regra estão disponíveis outras poucas respostas das pesquisas sobre o papel do instrutor. São necessários modelos descrevendo as opções para a intervenção do instrutor, pelo nível do estudante e da disciplina do curso. O tipo e a qualidade da avaliação que é mais apropriada, dada à complexidade do jogo e o modelo de intervenção do instrutor, deve ser pesquisada.

São necessárias respostas mais definidas sobre a eficácia de SSD⁹ em jogos de empresa. Finalmente, enquanto poucas pesquisas estão disponíveis, é necessário informação adicional sobre o efeito de recompensas no desempenho e aprendizagem dos times nos jogos".

Uma vez que diversas linhas de pesquisa encontravam-se abertas pelo trabalho de Keys e Wolfe [KEY90] que não haviam ainda sido tratados, ou que somente encontravam-se em estágios iniciais de trabalho, buscou-se determinar qual destas áreas seria mais adequada para o desenvolvimento da tese no estágio atual do GI-EPS e do SPIRIT.

Estas áreas consideram o uso combinado aos JE de ferramentas de apoio. Sendo que as áreas de pesquisa que foram inicialmente consideradas relacionavam-se com seleção das equipes participantes dos jogos. Mesmo com as metodologias de combinação de perfis atualmente utilizadas existem ainda dificuldades em equacionar os diversos perfis pessoais do jogadores em um número limitado de equipes. Os trabalhos iniciais apontaram que seria inoportuno um maior aprofundamento, devido as limitações à época¹⁰ da ferramenta SPIRIT, e que possivelmente o uso de uma abordagem bayesiana também não seria a mais adequada para a resolução destes no momento; uma vez que pesquisas nesta área envolveriam também estudos na área de psicologia,

O *processo de ensino / aprendizagem* em si também foi considerado, mas as pesquisas de Wilhelm [WIL97] apontavam que o uso de sistemas de apoio baseados em decisões sugeridas por especialistas *pouco ou nada* contribuiriam para um aumento no nível de qualidade da aprendizagem obtida. Desta maneira, qualquer benefício que esta tese possa trazer para esta área deverá ser considerado como um benefício a mais *não intencional*.

Pelo anteriormente exposto optou-se então por estudar um problema que envolvesse a melhoria na saída / resultados das aplicações do GI-EPS, pelo uso de uma ferramenta de apoio à decisão baseada em sistema especialista. As equipes ou processo (jogador

⁹ Vide Glossário

¹⁰ Discutidas no capítulo 3 e 4 desta Tese.

automático - JA) que tivessem suas decisões auxiliadas por uma ferramenta de apoio deveriam ter resultados melhores do que as não auxiliadas. Estes resultados seriam tanto em valores quantitativos, ou seja, melhor domínio dos fatores que podem levar à vitória no GI-EPS (lucro acumulado), bem como no baixo grau de variabilidade de estratégias e aplicação das mesmas (proatividade X reatividade nas decisões), i.e., melhor reação baseada em maior prevenção a situações inesperadas. Deve-se frisar que os resultados seriam uma *melhoria* em relação aos obtidos sem o uso de uma ferramenta de apoio, contudo eles *não garantiriam* que fossem *os melhores*.

Este ponto está sendo reforçado uma vez que ainda existe a idéia errônea de que o uso de um SE esteja limitado somente a tomada de decisões *campeãs*. Sendo que isto na verdade é uma idéia falsa que se arraigou na mente das pessoas. Principalmente tendo em vista o marketing utilizado para “vender” a idéia de IA nas décadas passadas. Os SE de modo geral visam a ajudar os decisores das diversas áreas em que são empregados a tomarem *decisões melhores*, mas não necessariamente as *melhores decisões*. Dá-se ênfase a ordem de construção em português deste conceito uma vez que o uso de um SE visa primariamente evitar que se tomem decisões erradas (óbvias ou não); não garantir que se tomem decisões perfeitas. A decisão final normalmente continua nas mãos de seres humanos. Sendo que estes mesmo com o recurso disponível ainda podem tomar decisões equivocadas; seja por indecisão, seja por que ainda seriam necessárias informações mais específicas para alimentar o SE de maneira a maximizar a probabilidade de sucesso, etc.

1.3 Problema

Tendo em vista as considerações do estudo de Keys e Wolfe [KEY90] sobre as áreas de pesquisa dos jogos de empresa que ainda necessitam de maior aprofundamento, particularmente sobre os itens destacados em negrito (sub-item 1.2); além da disponibilidade tanto do GI-EPS como jogo a ser analisado e da ferramenta SPIRIT, é apresentado o problema desta tese sob a forma de pergunta:

“A disponibilidade de um Sistema Especialista Probabilístico no Suporte à Decisão traria benefícios ao GI-EPS ?”.

Os desdobramentos do problema de pesquisa são analisados durante o resto deste capítulo.

1.3.1 Hipótese

Com o problema definido elaborou-se a hipótese de trabalho desta tese:

*“A construção de um Sistema de Suporte à Decisão com o uso do SPIRIT para uso no jogo GI-EPS trará benefícios **aos resultados** obtidos nas aplicações do jogo, além de ampliar os limites do uso de SPIRIT para casos mais gerais”.*

Os benefícios esperados são comentados no item 1.5 (Relevância e Não Trivialidade).

1.4 Objetivos

O objetivo geral desta Tese é:

- Desenvolver um Sistema de Apoio à Decisão no GI-EPS utilizando SPIRIT, sugerindo um conjunto de decisões¹¹ para uma empresa no período sob análise.

Os objetivos específicos são:

1. Mediante o uso do GI-EPS e SPIRIT, contribuir na discussão de questões relacionadas com o uso de SE, SEP, complexidade de construção de JE e SE em geral.
2. Permitir que o sistema possa combinar algumas das técnicas de uso já comum em sistemas mais avançados, empregando-as como base para o sistema, utilizando a ferramenta SPIRIT;
3. Desenvolver metodologia de construção de regras para sistemas especialistas probabilísticos adequada ao modelo de rede utilizado pela ferramenta SPIRIT, que procure quando possível combinar metodologias já testadas anteriormente em outros sistemas probabilísticos;
4. Realizar um estudo sobre o efeito que o uso deste instrumento tem sobre o desempenho das equipes da aplicação.
5. Testar a capacidade da ferramenta SPIRIT para o uso em situações de tomada de decisão como as proporcionadas pelo GI-EPS.

¹¹ Com os valores para cada decisão, e.g., aumentar a capacidade de produção em 10%.

1.4.1 Justificativa da Tese

Esta tese, dentre outros pontos, pretende mostrar que SPIRIT é capaz de fornecer subsídios para a tomada de decisões voltadas à realização de objetivos (primariamente lucro), pela escolha de estratégias de jogo, a partir de informações incompletas sobre o ambiente do mesmo. Não se realiza nesta tese um estudo sobre Estratégias e Objetivos pois já existem diversos trabalhos, principalmente em Administração, sobre estes dois temas. É mostrado que, embora SPIRIT seja um sistema geral, *quando alimentado com fatos de um determinado contexto aprenderá as interdependências entre estes fatos ou eventos e então estabelecerá as relações de causa e efeito.*

Desta forma foi criado um sistema de apoio à decisão no contexto de um jogo de empresas. Com o nome de **SEPAD**, que significa: Sistema Especialista Probabilístico de Apoio à Decisão para Objetivos.

Os dados disponíveis, e.g., sobre preços, propaganda e desempenho, são as entradas para SPIRIT. Estes dados permitem ao sistema descobrir inter-relações entre o desempenho das diversas empresas na aplicação e a sua política de preços, propaganda, investimento, etc.

Generalizando o exposto pode-se então, a partir dos dados do passado recente (jogada anterior) de uma certa empresa inferir sobre as decisões estratégico / operacionais a serem tomadas.

A conveniência de utilizar os dados de um jogo de empresas e não os dados reais de um setor se deve aos seguintes aspectos:

- A obtenção dos dados no caso do jogo de empresas GI-EPS é gratuita e quase imediata;
- Não é necessário um especialista no setor analisado para informar quais os dados relevantes a serem considerados;
- O número de variáveis relevantes na aplicação é bastante limitado, ao contrário do que aconteceria em um caso real;
- Um exemplo ilustrado por um jogo de empresas é mais didático e genérico. Os jogos de empresas são micro-mundos que buscam espelhar de forma genérica as características, fatos, problemas, deficiências, etc., do mundo dos negócios com fins didático-pedagógicos, e desta forma também se consegue maior controle sobre as variáveis, resultados e conseqüências possíveis;
- A aplicação do sistema através do jogo poderá constituir uma primeira etapa para o desenvolvimento de um sistema de tomada de decisão para situações do mundo real.

Da mesma maneira a conveniência no uso da ferramenta SPIRIT se baseia nos seguintes pontos:

- SPIRIT utiliza uma estrutura conceitual de funcionamento (rede causal, entropia e LEG¹²) que nunca havia sido utilizada em larga escala em outras pesquisas com o próprio GI-EPS e com outros JE¹³;
- A ferramenta SPIRIT necessita de refinamentos na sua utilização como sistema de suporte à decisão (SAD¹⁴), uma vez que sua estrutura é adequada à um usuário mais avançado, que pode criar e utilizar um SEP com um breve treinamento, mas não para usuários típicos de SAD como os jogadores do GI-EPS; pela falta de maneiras de se gerar uma interface de uso do sistema mais simples e com maior nível de explicação para os resultados obtidos. Alguns destes refinamentos incluem melhorias a nível de interfaces de programação¹⁵, para que os desenvolvedores de SEP que queiram utilizar SPIRIT como peça central do sistema possam utilizar todas as funcionalidades do mesmo.

Desta maneira com o desenvolvimento do trabalho nas aplicações do GI-EPS descobriram-se deficiências na ferramenta SPIRIT, até então não determinadas, bem como se trabalhou com a equipe de desenvolvimento do SPIRIT em melhorias e extensões para que a ferramenta possa ser melhor utilizada no futuro, tanto como auxiliar de outros JE, como para outras áreas do conhecimento.

Outro ponto trabalhado na tese é o fato de que não existia uma metodologia funcional¹⁶ para a criação de regras em sistemas especialistas probabilísticos, tanto para SPIRIT, como para outros softwares (apresentados no sub-item 2.7 do capítulo 2), o que pôde ser conseguido com o uso do GI-EPS como laboratório.

A justificativa do por que se desenvolver um sistema probabilístico e não outra classe de sistema especialista, bem como de outras razões para a escolha de SPIRIT como o motor de inferência do SE também são apresentados no capítulo 2, sub-itens 2.6.2 e 2.7, respectivamente.

¹² Vide Glossário.

¹³ Que fossem conhecidos até 2000 / 2001, época da adoção desta linha de pesquisa.

¹⁴ Vide Glossário.

¹⁵ Ampliação e mudança na distribuição das funções internas da biblioteca de programação SPIRIT.

¹⁶ Existem diversos modelos em uso, mas que normalmente falham em situações como a que é comentada no item 2.7.1.

1.5 Relevância e Não Trivialidade

Considera-se que o desenvolvimento deste trabalho traz as seguintes vantagens para o avanço dos conhecimentos sobre SEP e dos JE:

- *Definir quais são os benefícios que se podem obter nos JE de tais ferramentas:* Responde-se ao problema da tese. Afinal, o uso de alguma ferramenta traz resultados no desenrolar de uma aplicação GI-EPS, ou a capacidade de adaptação do ser humano tem maiores efeitos? Como se tem a limitação de somente analisar os resultados sobre o GI-EPS não se pretende que as conclusões sirvam de generalização para o comportamento esperado nos outros JE, mas se acredita que estes resultados sirvam como base para previsões do comportamento em JE similares. Os benefícios normalmente esperados do uso de um Sistema de Suporte à Decisão (independente de ser SPIRIT ou não) são a melhoria do nível de lucratividade, melhoria no equilíbrio da capacidade de produção, aumento do mercado atendido pela empresa, além da diminuição nos índices de endividamento do passivo. Estes benefícios são comparáveis ao desempenho sem o uso do mesmo, uma vez que durante a fase inicial de preparação do sistema foram utilizadas aplicações já finalizadas para comparação. O teste de campo também permite que se determine a extensão da influência que se pode esperar destes benefícios. Não se garante contudo que as melhorias obtidas garantam a vitória da equipe na aplicação, somente que ocorrem melhorias nas decisões das equipes que teriam maiores dificuldades na aplicação sem o uso do mesmo;
- *Definir os benefícios do uso de SPIRIT que se pode esperar para além do âmbito dos JE:* Pelos resultados obtidos existem fortes indícios de que se pode utilizar a mesma metodologia e ferramenta, SPIRIT, quando for possível se obter um conjunto mínimo de dados sobre o mercado, produto ou empresa que está sendo analisado;
- *Criação de um jogador automático melhor preparado para situações incomuns:* o GI-EPS já dispõe de um jogador automático incorporado ao sistema. Este jogador automático não se baseia em técnicas de inteligência artificial, sendo totalmente reativo, além de dispor de um roteiro de

configuração mais complexo do que o do SEPADO¹⁷. Sendo inflexível comparado ao SEP em SPIRIT, o que não permite que o mesmo obtenha melhores resultados em situações incomuns, que possam ocorrer durante a aplicação;

- *Desenvolver novo algoritmo para geração / extração de regras em sistemas especialistas probabilísticos:* várias metodologias de geração / extração de regras de bases de dados estatísticos foram, e tem sido desenvolvidas. Atualmente a grande maioria, apesar de utilizar princípios estatísticos e até mesmo bayesianos, tem atingido um grau de sucesso parcial; principalmente quando o motor de inferência do sistema especialista também é probabilístico. Isto se deve principalmente a forma como estes métodos trabalham com a ausência de informação sobre determinado atributo dentro de uma variável. Normalmente quando estes métodos são empregados em outras classes de SE, como de produção ou neurais, a própria classe dispõe de formas de compensar esta falha; sendo que sistemas probabilísticos não dispõe de uma maneira padrão para isto. Cada ferramenta tenta soluções diferentes, ou desconsidera totalmente tal fato; gerando incerteza, muitas vezes crítica quando o fato analisado encontra-se muito próximo deste atributo não calculado. Esta tese ataca este problema utilizando as três poderosas características que a ferramenta SPIRIT dispõe: LEG's, entropia e *alpha-learning*. Características que podem ser incorporadas às outras ferramentas de maneira razoavelmente simples, ou por já dispor de recurso semelhante, ou por que o princípio que norteia tal característica estar bem documentado na bibliografia;
- *Sistematização da rotina de resposta dos jogadores:* com o uso deste especialista¹⁸ utilizado como consultor, os participantes do jogo podem com o passar das jogadas, criar uma rotina de como se preparar para o próximo período; em resposta ao último, com a entrada dos dados e análise das projeções que o SEPADO fornece;
- *Seleção e análise de diversas alternativas possíveis de decisão:* o SEPADO não fornece a resposta "perfeita", somente aponta a alternativa ou o conjunto (espaço solução) de alternativas de decisão que possuem a(s) maior(es) probabilidade(s) de ocorrência para o ambiente da aplicação com vistas a realização do(s) objetivo(s) que a equipe almeja. Desta forma, quando

¹⁷ Vide Glossário.

¹⁸ Inicialmente o especialista deve ser utilizado como JA.

utilizado como consultor, a equipe que o utilizar tem total liberdade de escolher qual é o conjunto de decisões que será fornecido ao GI-EPS. Podendo utilizar o SEPADO para verificar quais as probabilidades de sucesso de todas as alternativas que o mesmo colocará no conjunto de mais prováveis. Principalmente daquelas que o grupo julgar mais interessantes para sua linha de pensamento ou estratégia, e ;

- *Fornecer um Mapa Base dos principais itens a serem considerados na análise:* uma vez que se procurou colocar as principais alternativas: tanto ambientais, operacionais e dos objetivos a serem considerados pelo SEPADO. Os participantes podem limitar, se desejarem, o escopo de suas análises somente ao conjunto destas variáveis, para que suas decisões sejam realizadas com a maior velocidade possível. Nada impede, no entanto, que as equipes analisem também os outros dados que não foram considerados no SEPADO, para tomar suas decisões. O SEP será então utilizado sob a forma de uma ferramenta de apoio e consultoria, ou seja, a equipe deverá considerá-la na sua tomada de decisão; mas não deverá necessariamente se limitar somente ao que o sistema projetar.

1.6 Metodologia

Com a finalidade de se atingir os objetivos estabelecidos em relação ao uso de um SE utiliza-se da pesquisa científica a *investigação experimental*, que conforme Barros, Lehfeld e Neide [BAR86], exige que se controle uma ou mais das variáveis independentes (causas) com o objetivo de se poder observar e interpretar as alterações e respostas que ocorrem no objeto de estudo (os efeitos). Devido a isto foram feitas experiências de laboratório com a finalidade de se verificar o aproveitamento das técnicas de SEP como sistemas de apoio à decisão dedicados para uso em JE; além da comparação dos resultados obtidos em cada nova aplicação (experimentação) que continha os resultados alcançados pelas equipes participantes *versus* os resultados obtidos pelo sistema especialista (controle). Sendo que também procurou-se utilizar a técnica de *pesquisa-ação*, em que se procura estimular as ações, bem como avaliar as mesmas dentro de um conjunto de aplicações executadas nas atividades de pós-graduação da UFSC e universidades interessadas no uso do GI-EPS, objetivando colher evidências sobre a validade da hipótese da pesquisa, usando as equipes como grupos de controle. No caso, realizou-se uma aplicação para testar estas ações, detalhada no sub-item 3.5.

O conjunto de metodologias empregado nesta tese tem como base também a estrutura de passos normalmente utilizada nos processos de desenvolvimento (construção) de sistemas em geral, inclusive para sistemas especialistas, que compreende as fases de (figura 1.1):

Deve-se lembrar, de que apesar da figura 1.1 não mostrar, o ciclo de desenvolvimento permite o salto direto entre fases não ligadas, como a fase *controle* para a fase *programação / prototipagem*, sempre que for necessário para o processo.

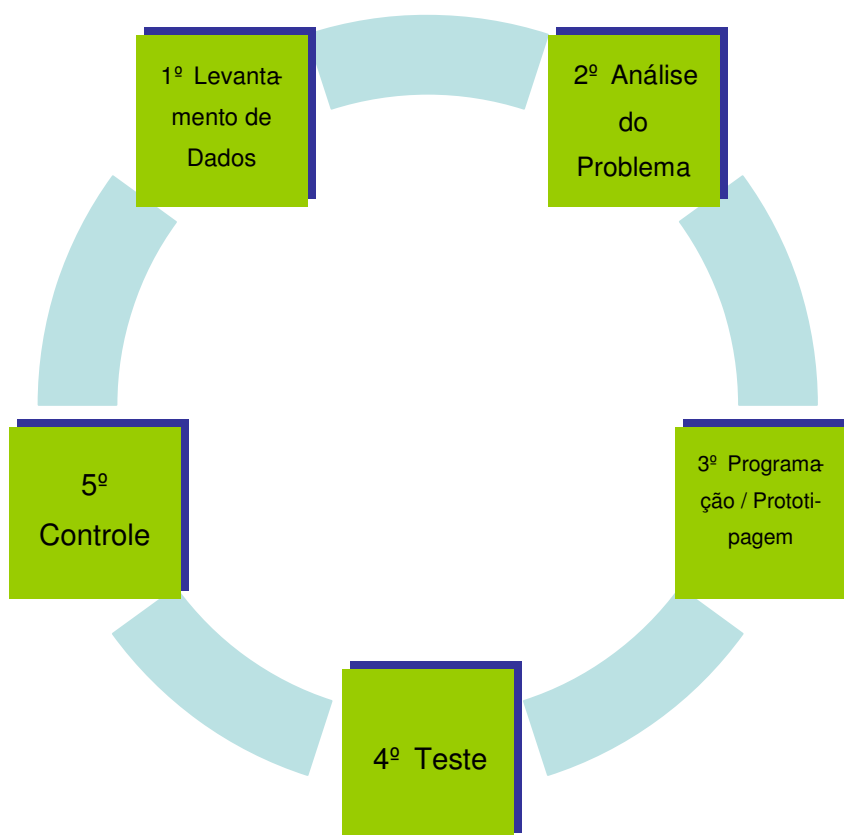


Figura 1.1 – Ciclo Genérico para o Desenvolvimento de um Sistema Especialista

Apresenta-se também as etapas realizadas durante o desenvolvimento da tese:

- *levantamento de dados*: realizado inicialmente com o levantamento de algumas aplicações, armazenadas no GI-EPS;
- *análise do problema*: a análise do conjunto de aplicações com vistas a gerar a base de dados a ser colocada no SPIRIT, bem como a análise com os administradores do jogo do funcionamento do mesmo. Foi utilizada somente uma aplicação para a preparação dos testes iniciais;

- *programação / prototipagem*: construção de um protótipo composto somente pelas jogadas da partida analisada, com vistas a determinar quaisquer fatores que necessitavam de uma alteração ou complementação;
- *testes iniciais*: compreendendo os testes 1 à 6, apresentado nos sub-itens 3.2.4 e 5;
- *controle*: com a análise dos resultados iniciais obtidos;
- *retorno à fase de prototipagem / programação*: construção da versão “definitiva”, baseada nas alterações que a análise do 1º protótipo apontava como necessárias, além de realizar novos testes. Feito nos testes 7 à 11 (apresentado nos sub-itens 3.3.3 até 3.3.7);
- *reunião do material obtido* até aquele momento na forma de proposta de trabalho;
- *após a análise da proposta pela Banca de Qualificação* foram realizadas as alterações sugeridas pela mesma, e;
- *com as correções dos eventuais problemas* que surgiram nesta versão foi realizada uma aplicação do GI-EPS com equipes reais¹⁹ para verificar se o sistema está influenciando positivamente ou não o desenrolar das partidas (teste de campo do jogador automático - JA).

Maior detalhamento sobre as teorias e passos necessários para o desenvolvimento de sistemas em geral e de sistemas especialistas é apresentado no capítulo 2.

1.7 Organização do Trabalho

Subdividiu-se esta tese em diversos capítulos, de forma a melhorar a compreensão da abrangência do mesmo.

1. *Introdução*: este capítulo, onde se colocam os objetivos da tese e as justificativas para a realização da mesma, além de sua organização. Incluiu-se também um resumo da metodologia utilizada na realização das fases de desenvolvimento do trabalho;
2. *Fundamentação Teórica*: neste capítulo se apresenta a teoria que envolve o desenvolvimento de S.E., bem como o por que da escolha de um S.E.P. (e principalmente do SPIRIT), acrescenta-se também um breve relato da história e evolução dos JE e o que é o GI-EPS;

¹⁹ Humanas, não as simuladas pelo próprio GI-EPS.

3. *Desenvolvimento do Sistema*: no capítulo se detalha o desenvolvimento do sistema em si, e.g., levantamento de informações junto à equipe do GI-EPS, codificação e tabulação das aplicações. Analisando-se mais profundamente os resultados das etapas desenvolvidas;
4. *Conclusões e Comentários*: neste capítulo se colocam as conclusões e os comentários sobre os resultados obtidos, bem como sugestões para desenvolvimentos futuros para além da tese;
5. *Referências*: discrimina tanto as referências diretamente citadas ou utilizadas neste texto como outras obras para consulta de material relacionado aos assuntos abordados. Estas referências foram obtidas de diversas maneiras, algumas consultadas diretamente, servindo de base para o capítulo 2, outras obtidas a partir de diversas fontes, principalmente extraíndo-as das próprias referências citadas nos textos consultados, servindo como base ao conteúdo que os autores apresentavam, sendo reapresentadas aqui neste texto principalmente para consultas complementares aos assuntos abordados.
6. *Apêndices*: o apêndice foi dividido em vários sub-itens, no apêndice 1 está o detalhamento das variáveis utilizadas na 1ª fase do SEPADO; nos apêndices 2, 5 e 6 foram colocados os bancos de regras utilizados²⁰. No apêndice 4 está definida a versão completa do SEPADO (SEPADOFULL), como um "jogador inteligente", que complementa e potencializa o jogador automático atual do GI-EPS. Coloca-se também no apêndice 3 uma proposta de manual para o consultor das equipes (SEPADOLIGHT), para ser utilizado pelas equipes como complemento ao SAD-GI.

1.8 Limitações do Trabalho

Todo trabalho científico apresenta suas limitações. Com a colocação das limitações desta tese espera-se definir principalmente o que este trabalho não é, deixando o restante da tese para a definição do que é este trabalho.

- Deve-se voltar a enfatizar o que foi afirmado no sub-item 1.2, como justificativa para esta tese, que o objetivo principal da tese é o estudo de formas de melhorar a saída / resultados das aplicações através do uso de um SEP, quer como um JA, quer como consultor. Melhorias na qualidade do processo de

²⁰ Antes e depois da ampliação da base de regras e conversão para a versão atual do SPIRIT, além do material produzido pela 1ª versão do gerador automático de regras.

ensino entram portanto como benefícios adicionais desta tese. Desta maneira inclusive a ênfase da mesma se volta para a escolha e a maneira como foi realizado o desenvolvimento do SEP, deixando outras características mais específicas de JE e do GI-EPS em segundo plano;

- Da mesma forma volta-se a frisar que os resultados que se pretendem obter do uso do SEPADO no GI-EPS seriam *melhores do que os sem o uso de um SEP*. Não seriam contudo necessariamente *os melhores* possíveis (não garantiriam a vitória no jogo). Uma vez que ainda dependeriam da escolha pessoal das equipes em acatar as sugestões, no todo ou em parte, ampliando ou restringindo as mesmas. Isto se deve ao seguinte fato:
 - Caso todas as equipes disponham da ferramenta, a melhor equipe será aquela que melhor fizer uso da ferramenta, interpretando as suas sugestões e “arriscando” a partir das mesmas. Sem desmerecer os fatores que normalmente já influem no desempenho das mesmas. Em outras palavras, teria uma *influência relativamente neutra*;

Mesmo no caso do uso como JA, a base do SEP influencia na qualidade das decisões obtidas. Elas dependem sobremaneira da qualidade das decisões das equipes que formaram a base amostral utilizada para preparar o SEP. No caso desta tese é utilizada uma base constituída principalmente por uma série de aplicações geradas pelo próprio JA disponível no GI-EPS²¹. Desta maneira a maioria das decisões esperadas do SEPADO devem ser próximas às que o próprio JA do GI-EPS tomaria. Sendo que variações sobre as mesmas resultam das aplicações reais inseridas nesta amostra. Que reforçam ou reprimem as decisões do JA;

- Quanto ao objetivo secundário de discutir questões e complexidade de JE e SE em geral, não se aprofunda a parte da complexidade da construção de um JE, uma vez que diversos trabalhos do LJE já trataram do assunto, principalmente quanto à dificuldade de projetar o laboratório GI-EPS e o jogador JE automático atualmente em uso em si, tese de Dettmer [DET2001]; contudo comenta-se como um SEP pode facilitar o trabalho, principalmente quanto a configuração de um JA, por eliminar a necessidade do especialista no jogo para configurar o *script* do jogador;
- Buscou-se permitir uma maior participação dos jogadores no processo de validação do JA baseado em um SE, desta maneira, foram realizadas simplificações na estrutura das variáveis, bem como a criação de uma versão

²¹ Devido ao número relativamente pequeno de aplicações reais, disponíveis e utilizadas na base.

simplificada do sistema, para que se pudesse realizar o teste de campo com as equipes, abrindo a possibilidade de servir como um consultor das mesmas;

- A proposta de uma nova metodologia de construção de regras do objetivo 3 é necessária uma vez que, como é colocado no capítulo 2, não existe uma maneira adequada a construção das mesmas para o tipo de situação como o é apresentada no GI-EPS, onde não existem necessariamente amostras sobre determinadas alternativas e combinações de variáveis disponíveis para o treinamento do SPIRIT. Além disto, o desenvolvimento de uma nova forma de se gerar regras é um sub-tema importante, uma vez que já foram apresentados diversos trabalhos de mestrado sobre a *aplicação* das diversas metodologias existentes, o que indica que a *criação* ou *desenvolvimento* de uma nova metodologia merece atenção num nível mais alto de pesquisa acadêmica. Ainda, na própria bibliografia apresentada referente aos SEP comenta-se a dificuldade na *escolha* dentre as diversas existentes ou então na *criação* de uma nova metodologia, mais adequada ao caso em desenvolvimento;
- Sistema *Fuzzy* ou Não: pela definição formalmente reconhecida de um sistema *Fuzzy*, esta tese não trata da criação de um Sistema Especialista *Fuzzy*²²;
- Variáveis *Fuzzy*: da mesma maneira não se utiliza a abordagem *fuzzy* formal atual. Isto ocorre uma vez que a notação semântica das variáveis utilizadas nesta tese não influem na “*certeza*” das mesmas. Não importa para o tratamento das variáveis utilizadas nessa tese se o nome de um atributo é *alto*, *G1*, *2º*, etc. É meramente um “*rótulo*” para o nome do conjunto representado pelo atributo, com o objetivo de facilitar a sua classificação e identificação;
- Também devido a simplificação²³ o sistema não possui uma ferramenta de HELP para os jogadores, sendo que cada sugestão apresentada pelo SEPADO/SPIRIT, na eventualidade do SEPADOLIGHT ser utilizado como um consultor ou um SAD²⁴ auxiliar, deve em caso de dúvida ser pesquisada inicialmente na estrutura de regras armazenada no SPIRIT, a seguir consultada a ajuda do programa GI-EPS, em caso de persistência de dúvidas o manual impresso do jogo, restando finalmente o próprio animador da aplicação no caso de nenhum destes recursos ser suficiente;

²² Vide definições sobre sistemas *fuzzy* no capítulo 2.

²³ Não criar outro programa que “esconde-se” o próprio SPIRIT em seu interior.

²⁴ Vide Glossário.

- Não se trabalha nesta tese sobre os temas mineração e descoberta de dados uma vez que, por se trabalhar com o GI-EPS um micro-mundo compacto e bem definido, a análise e descoberta de variáveis relevantes sem o auxílio de ferramentas de *Data-Mining*²⁵ é possível somente com o auxílio da equipe de desenvolvimento do jogo, e;
- Quando da apresentação da definição do que é um LEG (Local Event Group) para SPIRIT será limitado o escopo da teoria a uma breve introdução. Como apresenta-se as referências para o assunto, sugere-se sua leitura e consulta ao grupo SPIRIT para maiores esclarecimentos.

²⁵ Idem à anterior.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são apresentadas as teorias que embasam²⁶ o desenvolvimento do SEPADO²⁷, sendo que inicialmente apresenta-se de maneira resumida o que são e para que servem os jogos de empresas; bem como o que é, seus componentes e como funciona, em linhas gerais o GI-EPS.

Coloca-se também a teoria das técnicas de inteligência artificial que foram utilizadas; por que é tão interessante a construção e utilização de sistemas especialistas em jogos de empresa; como funcionam, quais as características, e a base probabilística e/ou estatística que fundamenta este trabalho. Sendo que o sub-item 2.6.1 apresenta o por que, uma vez considerada a teoria apresentada anteriormente, de se indicar o uso de uma ferramenta probabilística para uso com jogos de empresa.

Finalizando apresenta-se o SPIRIT, sendo que se procura responder além dos pontos já comentados na justificativa do trabalho, sub-item 1.4.1, “*Por quê utilizar SPIRIT ?*”, quais suas vantagens e o que prejudica o uso de outras ferramentas no lugar do mesmo para o desenvolvimento deste sistema; além do problema da escolha da metodologia da determinação de regras para os sistemas probabilísticos em geral, e do SPIRIT em particular.

2.1 Jogos de Empresa

Os acadêmicos dos cursos de medicina sabem que seu curso envolve grande parte de atividades laboratoriais e práticas, e de que será difícil encontrar alguém capaz de confiar na habilidade de um médico que tenha cursado apenas disciplinas teóricas. Por que esta característica também não é verdadeira para cursos como de Economia e Administração ? Qual o preparo destes profissionais após freqüentar cinco anos de curso, considerando que a maior parte dos conteúdos transmitidos foram apenas teóricos dentro de salas de aula

²⁶ Vide Glossário.

²⁷ Idem à referência anterior.

tradicionais ? Existem alternativas pedagógicas para amenizar esta característica educacional ?

A resposta é afirmativa. Os Jogos de Empresas (JE) estruturados em computadores são sistemas capazes de simular diversas atividades inerentes a uma empresa, e podem criar situações que envolvem a solução de problemas como: produção, formação de custo, preços, vendas, investimentos e finanças. Desta forma, é dada aos participantes uma alternativa para experimentar situações que oportunizam a prática de conhecimentos adquiridos e o desenvolvimento de diversas habilidades. Podem também se constituir como autênticos laboratórios virtuais, na medida em que possibilitam a avaliação e análise de técnicas, modelos e sistemas de apoio à decisão como o caso do SEPADO.

Este potencial configurou os JE como uma alternativa para a prática do ensino e a pesquisa, especialmente nos programas de pós-graduação de Engenharia de Produção, Administração, Economia e Contabilidade. Com efeito, os registros comprovam que esta técnica de ensino tem ocupado um espaço próprio e de destaque há mais de 30 anos, vide Andlinger [AND58], e seu uso não tem se limitado aos meios universitários, pois empresas também tem utilizado esta técnica para treinar seus recursos humanos, além de revendê-los como sistema de treinamento embutido em outras ferramentas como o *Jogo de Empresas versão Silver* da empresa brasileira MICROSIGA, vide Haberkorn [HAB99]. Atualmente existem também no mercado de programas para PC, na categoria de jogos de estratégia, como o CAPITALISM II²⁸; estes jogos derivam da filosofia do SIMCITY²⁹, permitindo uma atuação com a produção, os mercados e a concorrência de modo visual, com "Avatares"³⁰ e figuras animadas. Existem também organizações governamentais brasileiras, como o SEBRAE³¹, que realizam competições com premiação aos participantes, com vistas a ampliar o desenvolvimento profissional brasileiro.

A afirmação de Kopittke [KOP92] resume e qualifica bem a importância dos JE como método de ensino, quando considera que:

"...Nenhum outro método permite simular situações de decisão tão interessantes e com tamanha participação dos alunos. Consegue-se uma atmosfera excitante e o aprendizado de um grande número de conceitos que somente seriam possíveis em espaços de tempo bem maiores."

²⁸ Disponível em <<http://www.ubisoft.com.br>>.

²⁹ Disponível em <<http://www.thesims.ea.com>>.

³⁰ Vide Glossário.

³¹ Disponível em <<http://www.sebrae.com.br>>, acessado em 23/04/2003.

Por isto, os JE se caracterizam como uma técnica alternativa de ensino, onde o participante pode assumir um papel ativo, através do exercício virtual de funções e papéis num contexto de atividades em grupo, desenvolvendo diversas competências de forma integrada e simultânea, tais como a intelectual (criatividade), a pessoal e interpessoal (perseverança e sociabilidade), e a estratégica (empreendedora e inovadora).

2.1.1 O que é o Jogo de Empresas GI-EPS?

O Jogo de Empresas GI-EPS é um instrumento para capacitação e desenvolvimento gerencial que simula a vida empresarial através de um modelo que considera as principais variáveis do ambiente industrial, entre elas destacam-se: Contabilidade Gerencial, Finanças, Custos Industriais, Marketing e Administração. Esta ferramenta é composta por um conjunto de softwares que integram a Disciplina Gerência Industrial do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção - PPGEP da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

O GI-EPS é desenvolvido desde 1987 pelo Laboratório de Jogos de Empresas - LJE, do Depto. de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, atualmente o laboratório é coordenado pelo Prof. Paulo Maurício Selig.

O jogo vem sendo aplicado no ensino de graduação, em programas de Pós-Graduação e em cursos de especialização nas áreas de Engenharia da Produção, Administração, Contabilidade, Economia e em cursos de Empreendedorismo voltados para a comunidade em geral. Toda experiência adquirida no decorrer deste período serviu, e vem servindo, como base para constantes aperfeiçoamentos que tornam o modelo versátil e apto a retratar a realidade encontrada no dia a dia das empresas. O GI-EPS simula a vida empresarial considerando as principais variáveis do ambiente industrial, onde várias empresas produzem um mesmo bem de consumo que é vendido em diversos mercados. As decisões de uma empresa influenciam a atuação das outras, caracterizando o jogo como sendo interativo.

Os jogadores são organizados em equipes de até quatro membros. Cada equipe corresponde a diretoria de uma empresa que possui os cargos e funções listados no quadro 2.1.

A melhor equipe será aquela que conseguir equalizar as diversas variáveis da empresa e gerar lucro. Isso ocorrerá através da definição de uma boa estratégia, de um fluxo de informações eficiente entre o diretores, da constante utilização dos manuais e ferramentas de apoio, da análise detalhada das variáveis do mercado e da perspicácia dos participantes.

Quadro 2.1 – Membros de uma equipe GI-EPS

DIRETOR	FUNÇÃO
Geral	Coordenador dos trabalhos dos demais diretores. Cuida dos rumos da empresa e se responsabiliza pelo cumprimento das metas.
Marketing	Responsável por prever a demanda, avaliar os efeitos da sua política e determinar os volumes futuros de propaganda, prazo e preço.
Produção e Pessoal	Admissões, demissões, insumos, horas de trabalho e equipamentos são itens que são de sua responsabilidade.
Financeiro	Responsável pelas necessidades de caixa, empréstimos, aplicações e custeio dos investimentos.

As equipes são montadas pelo animador após análise das fichas de inscrição. A comunicação entre os diretores é de suma importância para sucesso da empresa. O Jogo é realizado em um ambiente virtual e os integrantes de cada equipe estando em locais geograficamente distantes, devem se utilizar para a comunicação de *e-mail*, telefone, fax, salas de bate-papo (*chats*) ou outra forma que aproxime os integrantes de uma mesma equipe.

O desempenho da diretoria de cada empresa é medido da seguinte maneira:

- 1) Índices apresentados no relatório de desempenho, que são:
 - patrimônio líquido;
 - produtividade da mão de obra e do imobilizado;
 - índice vendas / demanda, e;
 - custo de produção.
- 2) Desempenho e conteúdo da apresentação da empresa na Assembléia Geral, onde são expostas as estratégias de cada empresa e como foram conduzidas durante o jogo.

O jogo é conduzido por um animador que executa as seguintes tarefas:

- definição das variáveis do mercado (cenários);
- recebimento das decisões de cada empresa;
- processamento do jogo; e,
- envio dos resultados e jornais informativos.

A tarefa de definição das variáveis do mercado na aplicação representa o papel dos sindicatos, fornecedores e da conjuntura econômica. Nas variáveis de mercado são definidos aspectos como: greve de operários, negociação salarial, disponibilidade de mão de obra, desconto, preço e prazo de insumo, preço e desconto para marketing, taxa de juros, empréstimos disponíveis, limites de investimentos, entre outros.

Os diretores, através da análise do jornal que apresenta as variáveis do mercado e dos relatórios da empresa, definem as decisões com o objetivo de conduzir sua empresa às metas desejadas.

As principais decisões necessárias para a administração de uma empresa no GI-EPS são as seguintes:

- Preço de Venda dos produtos fabricados;
- Propaganda para cada região;
- Prazo de Pagamento e Desconto oferecidos aos clientes;
- Admissões e Demissões de funcionários;
- Turno de trabalho;
- Aplicação financeira;
- Empréstimo;
- Compra de Insumos, entre outros.

O processo de tomada de decisões pode ser realizado com o auxílio dos Sistemas de Apoio a Decisão, que ajudam a visualizar a situação atual das empresas, estipular metas projetando suas decisões para avaliar quais as conseqüências a médio e longo prazos.

As informações da empresa, também importantes para a tomada de decisões, são apresentadas por um conjunto de relatórios. Os principais estão listados no quadro 2.2.

Quadro 2.2 – Principais relatórios do GI-EPS

RELATÓRIO	CONTEÚDO
Geral	Balanços Patrimoniais, considerando todos os períodos e empresas; Demanda e Vendas por região de todas empresas; Informações do Mercado e Conjuntura.
Confidencial	Estoques; Demanda e Vendas por Região; Demonstrativos de Resultados e Caixa; Informações da Mão de Obra e Obrigações Financeiras do próximo período.
Desempenho	Apresentação do desempenho dos diretores de cada empresa com a seguinte divisão: Geral, Produção, Marketing e Finanças.
Índices Econômicos	Índices contábeis de Liquidez; Endividamento; Rentabilidade e Fator de Insolvência de Kanitz.

O Jogo simula períodos que correspondem a um trimestre, i.e., cada rodada representa três meses da vida de uma empresa. No início da simulação as equipes recebem um cronograma que contém datas e horários para a entrega das decisões, exercícios e recebimento dos resultados processados mais o jornal informativo. Este cronograma deve ser seguido à risca já que a empresa que não cumprir os prazos será penalizada.

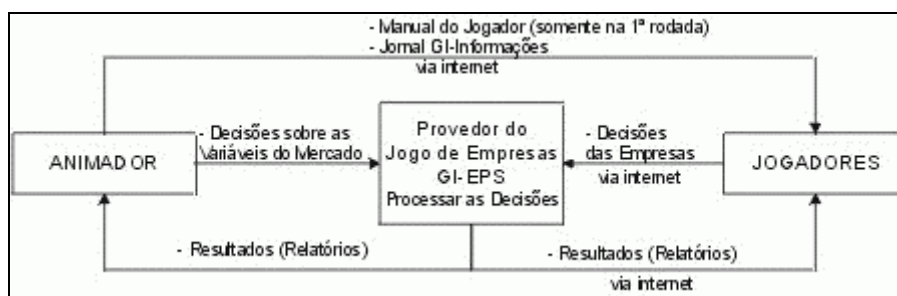
O Jogo de Empresas GI-EPS começa com a distribuição do Material da Aula aos jogadores, composto pelos itens do quadro 2.3.

Quadro 2.3 – Material do GI-EPS

Material da Aula	Função
Manual do Jogador	Descrição da aplicação de Empresas GI-EPS, seus modelos matemáticos, regras e dicas para ganhar o Jogo.
Jornal GI-Informações	Informações referentes ao cenário da aplicação de Empresas GI-EPS.
Cronograma das Atividades	Lista contendo as datas para entrega dos exercícios, envio das decisões, recebimento dos relatórios e jornais, entrega do artigo final, assembléia geral e chats (encontros on-line)
Software GI-SIG	Sistema de Apoio à Decisão que permite o preenchimento e envio da Folha de Decisões via Internet.
Manual do GI-SIG	Apresentação e instruções de uso do Sistema de Apoio à Decisão.
Senha de Acesso	Senha para acesso aos serviços oferecidos na página Jogo Aula.
Componentes da Equipe	De acordo com o tipo da aplicação, será divulgado informações sobre os componentes da Equipe para facilitar o trabalho em grupo.

Os jogadores devem ler atentamente o Manual do Jogador, pois ao longo da aplicação o processo de tomada de decisões será em função das regras e dos modelos matemáticos nele contido. As decisões do animador, que definem o cenário da aplicação a cada período, são apresentadas aos jogadores na forma de jornal, intitulado GI-Informações. Na aplicação são simulados diversos períodos, cada período equívale a uma rodada que dará origem aos resultados, informados através de relatórios contábeis, financeiros e de avaliação, gerados após o processamento das decisões do animador e das empresas. As decisões das empresas para o animador mediante o uso do Sistema de Apoio a Decisão GI-SIG. Um jogador de cada equipe se encarregará de receber as decisões de cada diretor, preencher o formulário do GI-SIG e enviar o mesmo para o provedor da aplicação de Empresas GI-EPS através do comando ENVIAR DECISÃO do GI-SIG.

Na figura 2.1 são apresentados a representação gráfica da Dinâmica da aplicação Aula com seus elementos e o fluxo de informações que circula em cada período.

**Figura 2.1 – Dinâmica da aplicação GI-EPS**

Fonte: Disponível em <http://lje.eps.ufsc.br/jogosempresariais/>, acessado em 11/12/2000.

2.2 Desenvolvimento da Inteligência Artificial e dos Sistemas Especialistas

Existem diversas áreas ou ramos da ciência que se dedicam atualmente a melhorar a capacidade humana de resolução de problemas. Durante vários anos a pesquisa e evolução dos conhecimentos no ramo da IA resultou em tentativas e alternativas de construção de modelos de representação do conhecimento humano que foram e tem sido largamente testadas.

É amplo o potencial de aproveitamento da IA para a implementação de sistemas de apoio à decisão, principalmente na resolução de problemas de diagnóstico e classificação de padrões.

Devido a isto as pesquisas em IA vem buscando atualmente, não mais um modelo geral que atenda adequadamente todos os casos possíveis, mas a definição do melhor modelo que supra as necessidades para um ramo de problema, como reconhecimento de imagem, da fala, de padrões, etc. Por exemplo, quando se usam algumas técnicas estatísticas é possível comparar o desempenho de uma empresa com o de 100, 1.000 ou mais empresas, sem perdas em sua significância e escala, além de aumentar em muito o grau de certeza destas análises.

Desta forma existem atualmente pesquisas sobre a melhor alternativa para codificar o conhecimento humano nos computadores relativo às séries estatísticas, ou no caso mais específico ainda, probabilístico, de forma que com o auxílio do computador se possa responder à questões do tipo:

“Dado que se conheçam as probabilidades e as relações probabilísticas de “causa e efeito” dos defeitos que podem ocorrer em motores de combustão, e de seus relacionamentos com outros componentes dos veículos automotores se pode responder a perguntas do tipo:

Sabendo-se com 100% de certeza, que as luzes do veículo em avaliação estão funcionando, pode-se inferir (diagnosticar), no caso através de um sistema, que a causa mais provável para o não funcionamento do motor do veículo é o excesso de temperatura do motor, que muito provavelmente já deve ter ‘fundido’.”

A inferência anterior provém de um modelo extremamente simplificado de análise probabilística utilizado em exemplos, vide em Rödder, Kopittke e Kulmann [ROD97]. Estas

pesquisas levaram ao desenvolvimento de uma série de ferramentas *shell*³² da qual é utilizada nesta tese a ferramenta SPIRIT, versão 3.0 e superiores para MS-Windows 9X/NT.

2.2.1 Histórico

A IA em seus primórdios buscava se utilizar das técnicas de áreas correlatas como a *pesquisa operacional* – PO, que trata especificamente do desenvolvimento de técnicas para a resolução dos problemas da engenharia de produção, economia e finanças. Conforme Azevedo, Brasil e Oliveira [AZE2000] as técnicas mais utilizados na PO para a resolução destes problemas classificam-se em dois grandes grupos: busca exaustiva e heurísticos.

Também segundo estes autores na busca exaustiva toda a árvore de decisões e dos possíveis estados é vasculhada. Desta maneira, sempre que a árvore é finita, teoricamente é possível se encontrar a solução ótima para um dado objetivo. No segundo grupo (busca heurística) os métodos objetivam encontrar pelo menos uma solução satisfatória, através da exploração de parte da árvore, considerando uma heurística seletiva que busca evitar a exploração das soluções que sejam pouco promissoras, ou seja, as que dificilmente possam conduzir à uma solução ótima. Os métodos heurísticos contudo não são garantia de obtenção da solução ótima, apesar disto, são considerados instrumentos eficazes sempre a solução do problema em questão envolva dificuldades computacionais no âmbito de explorar a árvore inteira. O desenvolvimento da IA desta forma se baseou em dois paradigmas diversos, determinando o surgimento de duas concepções distintas: a *simbólica* e a *conexionista*. Ambas procuram emular um comportamento inteligente através meios computacionais.

Segundo Azevedo, Brasil e Oliveira [AZE200] a primeira abordagem, *simbólica*, sofreu influência dos trabalhos da área da Psicologia iniciando, conforme Wilhelm [WIL97], com os trabalhos de John Maccarthy (1963), Marvin Minsky (1966), Newwel e Simon (1972). Esta abordagem entende a solução dos problemas como um processo que na essência é um algoritmo, o que resultou no desenvolvimento da linguagens computacionais simbólicas dedicadas a IA, e.g., LISP e PROLOG, além de produtos de grande popularidade, conhecidos atualmente como Sistemas Especialistas.

Já na segunda abordagem, *conexionista*, advoga-se que é virtualmente impossível transformar em algoritmos algumas tarefas que a mente humana executa com rapidez e facilidade, ou seja, devido a complexidade de alguns problemas a redução à uma seqüência de passos lógicos e aritméticos como reconhecer padrões, tradução e compreensão de

³² Vide Glossário.

línguas e a memória por associação não é possível. Trabalhos nesta área podem ser creditados, conforme Wilhelm [WIL97], a McCulloch e Pitts (1943), Hebb (1949), Rosemblatt (1962) e Widrow (1960). Este grupo defende a criação e codificação de modelos cognitivos artificiais com a maior similaridade possível as capacidades naturais do cérebro humano, ou seja, esta capacidade cerebral de se auto-organizar que se pretende copiar no processo computacional.

Foi na década de 70 que as pesquisas no campo da IA passaram a registrar os primeiros resultados significantes, especialmente em relação aos SE. Isto não se repetiu na década seguinte, em função da desilusão que se sucedeu após a fase de euforia e o exagerado otimismo creditado aos SE. Somente na década de 90 os sistemas especialistas voltam a ocupar posição de destaque nas pesquisas, com especial destaque para os *sistemas especialistas probabilísticos*, que visam tratar de uma forma adequada o conhecimento vago e incompleto. A tendência da utilização de conhecimento vago (*fuzzy*) através de métodos puramente probabilísticos parecia limitada, mas prosperou na medida que foi possível estabelecer uma relação entre a probabilidade e a lógica da matemática, i.e., os estudos sobre estruturas de relações de dependência e independência em conjuntos de variáveis, operacionalizaram os modelos probabilísticos para manipular conhecimentos, respectivamente conforme Sombé [SOM92], e em Rödder e Kern-Insberger [ROD95 e ROD95a].

2.2.2 O que são Sistemas Especialistas - SE

Como acontece com a definição de IA, há muitas definições do termo *sistema especialista*. Conforme Morales [MOR92] os SE são sistemas baseados no conhecimento humano, que o utilizam para resolver problemas em determinada área, da mesma maneira que fazem os especialistas humanos. Em termos gerais, pode-se pensar em *sistemas especialistas baseados em conhecimento* (SBC) como uma combinação de computador e programas que usam o conhecimento formal baseado em ampla literatura e consenso entre os especialistas de determinada área em que baseia-se o sistema e procedimentos de inferência para resolver problemas que são tão complexos que normalmente exigem a intervenção de seres humanos com conhecimento especializado na área do problema. Este conhecimento, obtido através da bibliografia especializada além do conhecimento de diversos especialistas da área, difere dos SE principalmente pela maior complexidade tratada, que envolve conhecimentos multidisciplinares não dominados por um único especialista. Outras definições e estudos sobre os SBC podem ser obtidos do trabalho de Watermann [WAT86]. Apesar da visível diferença no nível de complexidade entre SE e SBC nomeia-se para fins de simplificação tanto os SE simples e os SBC como SE nesta tese.

Os sistemas baseados em conhecimento são construídos utilizando uma base de conhecimento e um motor de inferência. A relação entre sistemas baseados em conhecimento e sistemas especialistas é mostrada na figura 2.2.

Já a definição de conhecimento de Hayes-Roth, Watermann e Lenat [HAY83], APUD Morales [MOR92] expressa que:

"... abstratamente, conhecimento consiste de:

- descrições simbólicas que caracterizam a definição e as relações empíricas em um domínio, e*
- procedimento para manipular essas descrições..."*

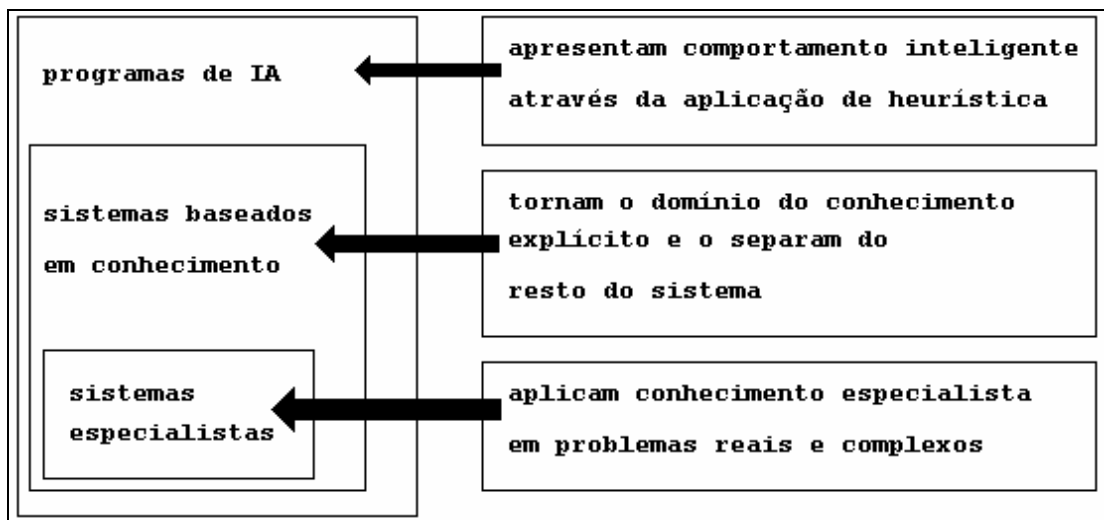


Figura 2.2 - Sistemas especialistas e sistemas baseados em conhecimento

Fonte: Watermann [WAT86]

Um SE pode ser classificado pelo seu uso em uma de três classes:

- os SE de *classe um* são viáveis e utilizados comercialmente;
- os de *classe dois* são aqueles que apesar de sua excelente performance ainda não obtiveram plena aceitação dos usuários, e;
- os *classe três* ainda não conseguiram atingir o desempenho do especialista.

Uma relação indicada para a classificação dos SE supõe existir uma proporcionalidade inversa entre quantidade e imprecisão de conhecimento com o nível da classe.

Quanto à criação dos SE existem ferramentas que podem ser utilizadas no sentido de facilitar esta tarefa, Watermann [WAT86] divide as ferramentas em quatro categorias: linguagens de programação, linguagens de engenharia do conhecimento, aplicativos para desenvolvimento de sistemas e ferramentas de apoio:

- as linguagens de programação são tanto as linguagens orientadas para problemas (i.e. Pascal, C, Fortran) como as linguagens de manipulação de símbolos (i.e. LISP e PROLOG). Atualmente as mais indicadas seriam também as Orientadas a Objeto: C++, Object Pascal, Smalltalk;
- as linguagens de engenharia do conhecimento são ferramentas sofisticadas para desenvolver SE e consistem em uma linguagem de desenvolvimento de sistemas integrada a um ambiente de apoio (e.g. KAPPA-PC);
- os aplicativos para desenvolvimento de sistemas são programas que ajudam a adquirir e representar conhecimento além de auxiliarem no projeto do sistema em construção (e.g. SPIRIT), e;
- as ferramentas de apoio auxiliam a tarefa de programação de um sistema especialista através de mecanismos de explicação e depuração, entre outros. Tais mecanismos normalmente acompanham as linguagens de engenharia do conhecimento e são projetadas para trabalhar especificamente com elas.

Outro importante enfoque dado à importância dos SE refere-se ao questionamento também de Watermann [WAT86], sintetizado na seguinte pergunta: *"Sistemas especialistas são a solução de meu problema?"*

A resposta baseia-se na verificação de três características:

- a primeira trata da possibilidade do desenvolvimento do SE. Um SE tem seu desenvolvimento condicionado a fatores tais como: a existência de especialistas, os especialistas estarem de acordo entre si, a tarefa não transcende a complexidade cabível a um SE, a tarefa já é dominada por especialistas não necessitando novas pesquisas para solucioná-la e a tarefa exige somente habilidade mental e não física;
- a segunda característica justifica o SE: os aspectos de um problema que justificam o desenvolvimento de um SE referem-se, entre outras, a uma boa relação custo-benefício, à possibilidade de perda do conhecimento especializado e à pulverização geográfica dos especialistas, e;
- a terceira característica refere-se à adequação da tarefa, no sentido de examinar a natureza, a complexidade e o escopo do problema a ser resolvido.

Definida a utilização de um SE para determinado problema Watermann ainda discute a “*manutenção de um especialista humano como parte do processo que envolve a utilização do sistema*”. O objetivo é reunir as vantagens de um SE sem perder as características exclusivas do especialista humano. Vantagens e desvantagens de ambos são apresentadas no quadro 2.4.

Especialista Humano	Especialista Artificial
perecível	permanente
difícil de transferir	fácil de ser transferido
difícil de documentar	fácil de documentar
imprevisível	consistente
caro	viável economicamente
criativo	Sem inspiração
adaptável	deve ser atualizado
sensorial	alimentado com dados simbólicos
visão ampla	visão estreita
bom senso	conhecimento técnico

Quadro 2.4 - Características dos especialistas humanos e artificiais

Fonte: Watermann [WAT86]

Segundo Interrante e Biegel [INT90] a elaboração de um sistema baseado em conhecimento envolve o estudo de seis tópicos: aquisição de conhecimento, representação do conhecimento, motor de inferência, interface com usuário, aprendizagem e justificativa³³. Nem todos os sistemas baseados em conhecimento incluem todos estes itens, entretanto eles constituem um sistema ideal para desempenhar tarefas de raciocínio complexo. Esses itens não seguem necessariamente uma ordem específica já que seus resultados são interdependentes entre si. É importante ressaltar que explicação para cada um dos seis tópicos aqui apresentada aqui está no contexto do paradigma para SE em conformidade com Interrante e Biegel [INT90]. É acrescentada a essa estrutura alguns esclarecimentos, aprofundamentos, características e sugestões de outros autores.

Aquisição de Conhecimento

Alguns autores, tais como Cordingley [COR89], abordam o tema “*Aquisição de Conhecimento*” como um processo que divide-se em três etapas³⁴:

- decisão de qual conhecimento é necessário;
- aquisição do conhecimento, nos termos de extração do conhecimento do especialista, e;
- a representação do conhecimento extraído.

A tarefa de aquisição do conhecimento refere-se à transferência de conhecimento de alguma fonte, freqüentemente humana, para um programa de computador. No contexto dos

³³ Ou o modelo de explicação.

³⁴ Não se analisa essa abordagem porque ela escapa aos objetivos do presente trabalho.

SE, aquisição de conhecimento é o processo de captar procedimentos, regras, métodos, enfim, o raciocínio do especialista no que tange a como ele resolve o problema para posteriormente transferi-lo para o sistema.

Da mesma maneira Interrante e Biegel [INT90] comentam que quando da aquisição do conhecimento é fundamental, inicialmente, que se entenda o processo de raciocínio do especialista como um todo, para somente depois projetar a base do conhecimento e aprofundar o nível de abstração. Uma das tarefas mais difíceis do engenheiro do conhecimento é exatamente captar a estrutura de domínio do conhecimento do especialista humano. O engenheiro do conhecimento deve ter uma visão clara do universo de conhecimento que ele irá extrair do especialista.

Assim, uma vez que os especialistas forem escolhidos em função de garantirem competência técnica e profissionalismo para não colocar o trabalho em risco, o engenheiro do conhecimento deve reunir-se com estes profissionais. Nesta oportunidade, devem ficar claros aspectos como o que é um SE, o que pretende-se com a realização do mesmo, quanto tempo será requerido dos especialistas, que o SE tem caráter confidencial, que os especialistas tem escolha de cooperar ou não, entre outros. Apresentar protótipos pode ser positivo para auxiliar no esclarecimento de dúvidas sobre o assunto.

Muitas perguntas ao especialista podem leva-lo a tentar responder coisas que ele mesmo desconhece. A idéia é que, na medida em que o conhecimento adquirido através da experiência numa tarefa pelo ser humano se torna automático, este conhecimento fica tão óbvio que tentar explicá-lo pode ser inútil. Psicólogos chegam ao ponto de declarar que não há necessariamente alguma relação entre relatórios verbais e o comportamento mental de um especialista. A literatura sobre SE demonstra uma grande preocupação com esta etapa inicial.

As decisões a serem tomadas com relação ao processo de aquisição do conhecimento são determinadas pela natureza do sistema a ser desenvolvido. Em função do problema que o SE propõe-se a resolver, variam os especialistas quanto a sua disponibilidade, habilidade, familiaridade com sistemas baseados em conhecimento, etc. Cada problema apresenta características estruturais que determinam a forma de aquisição do conhecimento.

Este conhecimento extraído através da etapa de aquisição do conhecimento deve ser transferido para o sistema e representado formalmente de alguma maneira.

Representação do Conhecimento

Na medida em que definem-se as formas de representação de conhecimento torna-se possível trabalhar as informações através de ferramentas computacionais. *“A base do*

conhecimento consiste de dados e regras (ou outras representações) que usam estes dados como base para o processo decisório”, Watermann [WAT86].

Interrante e Biegel [INT90], defendem que na representação do conhecimento, a tarefa de projetar a base de conhecimento é fundamental, devido que a escolha correta da base é que determinará se o sistema terá ou não sucesso ao resolver os problemas. Além disto para eles, em virtude da própria engenharia dos programas, era praticamente impossível uma correção na estrutura quando da fase de testes. Esta informação tomada com base nos recursos disponíveis para a criação de SE no início da década de 90 ficaria menos correta nos dias de hoje, uma vez que a maior dificuldade que as ferramentas atuais apresentam para alterações consistiria mais no custo financeiro de reprojetar-se a estrutura, ou no caso mais comum regerar ou retreinar o motor de inferência.

Projetar a base de conhecimento consiste principalmente na escolha da forma de representação de conhecimento a ser utilizado e em como organizá-la. Algumas formas de representação do conhecimento são: regras de produção, redes semânticas e "frames", entre outras.

Os aplicativos para desenvolvimento de SE tradicionais apresentam basicamente dois tipos de arquitetura: sistemas baseados em "frames" com ou sem regras incorporadas, e sistemas baseados em regras, com subsistemas opcionais baseados em "frames".

- **Frames**

Os "frames" são uma rede de nós interligados onde se classificam os objetos do domínio como uma hierarquia, uma estrutura generalização-especialização, todo-parte ou apenas conexões. Sendo que cada nó representa um objeto que contém atributos.

Minsky [MIN75] idealizou do uso dos "frames" como forma de representar objetos. Tenta-se fornecer ao sistema o máximo de informações possíveis sobre determinado objeto, porque assim imagina-se ser a forma com que os seres humanos percebem o mundo a sua volta. Minsky define "frames", assim:

"Um frame é uma estrutura de dados que serve para representar uma situação estereotipada, como estar num certo tipo de sala ou como ir a uma festa de aniversário de uma criança. Associadas a cada frame estão muitos tipos de informações. Parte desta informação refere-se ao próprio uso do frame. Outra parte refere-se a o quê se pode esperar que irá acontecer a seguir. E a outra parte refere-se a o que fazer se o que se espera não se confirmar", Minsky [MIN75].

▪ Regras de Produção

Segundo Interrante e Biegel [INT90] as Regras de Produção são comandos do tipo *SE condição ENTÃO ação*. Quando a parte da condição *SE* da regra é satisfeita, a ação da parte *ENTÃO* será executada. As regras de produção devem ser aplicadas sobre uma estrutura de conhecimento. Estes comandos orientam as informações no sentido da solução do problema. A escolha do conteúdo das regras é proveniente da aquisição do conhecimento, e concluem a tarefa da representação do conhecimento.

A representação do conhecimento, como descrita anteriormente, permite codificar o conhecimento obtido na etapa de aquisição. O conhecimento codificado é organizado pela forma de encadeamento.

Motor de Inferência

Da mesma forma, Interrante e Biegel [INT90] colocam que o motor de inferência determina a ordem com que serão processadas as informações, manipulando os dados a fim de inferir novos fatos, chegar a conclusões ou recomendar ações. O motor de inferência é uma das maneiras de manipular o conhecimento, já representado na base, a fim de resolver o problema. Este mecanismo determina qual parte do conhecimento deve ser utilizada a cada momento da execução do sistema.

Um motor de inferência utiliza um tipo especial de conhecimento: o *metaconhecimento*, que é o conhecimento sobre o conhecimento do sistema. O metaconhecimento é adquirido e representado da mesma forma que o conhecimento do sistema. A diferença reside na forma com que ele é utilizado, e.g., quando o processo de encadeamento deve parar; qual parte do conhecimento deve ser analisada em qual ordem, etc.

A forma de utilização do motor de inferência também é consequência da aquisição de conhecimento. É necessário verificar como o motor de inferência deve manipular o conhecimento, ou seja, como aplicar as regras aos fatos de maneira que represente fielmente o raciocínio do especialista. A decisão é, então, sobre a estratégia de encadeamento a ser aplicado para as regras. Segundo Watermann [WAT86] existem duas formas de encadear as regras: o encadeamento para frente e o encadeamento para trás.

- o encadeamento para frente parte de algumas informações e "caminha" através do universo do problema até atingir uma conclusão final. Um sistema com inferência para frente, ao nível de regras, parte da informação contida nas premissas para executar a ação, e;
- o encadeamento para trás inicia-se a partir de um nó ou de uma conclusão final e "*caminha para trás*" através do universo do problema até que encontre

uma rota por onde chegar à conclusão final. Com este método de inferência, o sistema parte de um fato que se queira provar e somente executa regras que sejam relevantes a este fato.

A diferença entre o encadeamento para frente e para trás fundamenta-se no tratamento dado ao estado em que se aplica o encadeamento. No caso para trás, o processo inicia-se a partir do objetivo. Assim conclui-se que deve haver uma distinção entre um estado qualquer e a conclusão para que se possa diferenciar os processos de encadeamento. Se determinado estado intermediário pode ser encarado como objetivo, a distinção entre os encadeamentos fica prejudicada.

O encadeamento das regras é a característica do motor de inferência, o esclarecimento de como a inferência é executada sobre as regras é o mecanismo que explica como o sistema chega a suas conclusões.

Mecanismos de Justificativa ou Explicação

Segundo Interrante e Biegel [INT90] *“os mecanismos de justificativa são capazes de descrever a linha de raciocínio empregada no sistema, o conhecimento que explica como o sistema chegou a suas conclusões e justifica os passos utilizados no processo”*.

Alguns dos objetivos dos mecanismos de justificativa são: ensinar o usuário sobre o assunto, mostrar que sua conclusão é consistente e lembrar ao usuário elementos importantes da análise que levam o sistema a determinada conclusão.

Este tipo de mecanismo torna o sistema mais confiável para os usuários e ainda representa um mecanismo de simulação, pois a partir de uma alteração nos dados de entrada pode-se verificar as conseqüências desta alteração no desenvolvimento do raciocínio.

O termo explicação se refere a uma estrutura explícita, a qual pode, internamente, ser usada para raciocínio e aprendizado e, externamente, para a explicação de resultados para um usuário. Em sistemas baseados em regras explicação inclui etapas intermediárias do processo de raciocínio, como é o caso de uma estrutura de provas, quais regras foram disparadas, etc. Esta estrutura pode ser utilizada para responder questionamentos do tipo *como*. Por exemplo, como a solução w foi produzida por um sistema de inferência? Devido à certas condições x e y que foram satisfeitas após os primeiros dados de entradas e levaram às conclusões w e z , as quais satisfizeram a condição k , e assim por diante. Este tipo de explicação, dentro de uma certa limitação, é absolutamente crucial para a aceitação pelo usuário de um sistema de inferência, vide Diederich e Tickle [DIE95].

Experiências com SE têm mostrado que usuários exigem uma explicação de um resultado produzido por um SE e não aceitam uma solução sem explicação, vide Davis, Buchanan e Shortliffe [DAV77]. Consequentemente, esforços foram feitos na área de SE para permitir explicações, as quais, no mínimo, são de alguma coerência, significado e grau.

Os mesmos autores colocam que embora a IA simbólica tenha introduzido várias formas bem sucedidas de explicação ao usuário, a transparência de uma explicação não é garantida. Uma base de regras organizada pobremente, e.g., com centenas de premissas por regras, destrói completamente a transparência de explicações baseadas em regras, i.e., a compreensibilidade das regras. Portanto, explicações baseadas em regras são agora amplamente reconhecidas como muito rígidas e inflexíveis, vide em Gilbert [GIL89] e Moore e Swartout [MOO89].

Interface com o Usuário

No desenvolvimento de um SE deve-se pensar quem é o usuário alvo, qual sua formação e quais seus interesses. Normalmente o usuário não está interessado nas técnicas de programação de IA, como em nenhuma outra área do processamento de dados.

Alguns SE contêm mecanismos de aquisição de conhecimento em tempo real que permitem que o usuário "converse" com o sistema. Outros SE permitem ao usuário acrescentar comentários voluntários durante a execução do sistema. Genericamente, a interface deve ser clara, apresentar opções para esclarecer dúvidas e mostrar somente o necessário.

Deve-se destacar que uma boa interface ficará prejudicada tanto se o projeto tiver problemas nas etapas já mencionadas quanto se houver problemas de desempenho geral (velocidade, estabilidade, disponibilidade da aplicação, etc.) inerentes à ferramenta e ao sistema operacional em que for baseado o sistema.

Aprendizagem

Também conforme Interrante e Biegel [INT90]:

“O desenvolvimento de um sistema de IA pressupõe uma capacidade de atualização do mesmo. Este fato deve-se a uma analogia com a inteligência humana que só é reconhecida nos indivíduos com boa capacidade de aprendizagem “.

A aprendizagem nos sistemas computacionais é expressa, desta maneira, pela modelagem e desenvolvimento dos seguintes processos: aquisição de novo conhecimento, desenvolvimento da capacidade de aprendizagem, representação efetiva do conhecimento e o uso de observação para descobrimento de novo conhecimento.

Um sistema de aprendizagem tem quatro componentes:

- o crítico, que compara a saída real com a esperada;
- o de aprendizagem, que altera a base de conhecimento a fim de consertar defeitos;
- o "*procedural*", que codifica o conhecimento especialista, e;
- o executor, que executa a tarefa reorientada após a aprendizagem.

Com a implementação de mecanismos de aprendizagem, procura-se manter o dinamismo dos especialistas humanos.

De acordo com Zadeh [ZAD83] *“sendo a base de conhecimento de um sistema especialista um depósito de conhecimento humano, a base de conhecimento é um conjunto de informações imprecisas, já que o ser humano é impreciso por natureza”*. Assim, ao desenvolver-se um SE deve ser considerado como equipá-lo de maneira que ele seja capaz de lidar com a transmissão da imprecisão do início até a conclusão.

2.3 REDES NEURAIS

A implementação de Redes Neurais Artificiais (RNA) baseia-se nos neurônios biológicos e nos sistemas nervosos³⁵, vide Azevedo [AZE97]. Todavia, é necessário entender que atualmente as RNA estão muito distantes das Redes Neurais Naturais (RNN) e, normalmente, as semelhanças são mínimas. Apesar de ser verdade que o primeiro modelo de neurônio, proposto por McCulloch e Pitts em 1943 [MCC43] é, também, um modelo simples, deve-se enfatizar que o objetivo era imitar a realidade biológica, uma preocupação atualmente não compartilhada pela maioria dos pesquisadores. Atualmente dois fatores diversos motivam a pesquisa:

- o primeiro é de modelar o sistema nervoso com uma precisão que permita a observação de um comportamento emergente que, de maneira semelhante ao comportamento do ser vivo modelado, possa servir de base de apoio às hipóteses usadas na modelagem, e ;
- o segundo é a construção de computadores com um alto grau de paralelismo.

O processo de modelagem do sistema nervoso começou há um século. Após o trabalho de McCulloch e Pitts [MCC43], Hebb [HEB49] e Rosenblatt [ROS58], muitos cientistas se interessaram pela área de pesquisa. A vontade de construir neurocomputadores é mais recente, vide Hecht-Nielsen [HEC88].

³⁵ Para uma melhor compreensão dos conceitos de fisiologia, necessários para a compreensão das RNA, recomenda-se a leitura de trabalhos na área de fisiologia, como de Guyton e Hall [GUY96].

Como resultado o paradigma mais popular utilizado na implementação de SE com RNA baseia-se em redes diretas³⁶ e foi proposto por Gallant [GAL88], existem muitos resultados nesta área, vide também Gallant [GAL93]. O paradigma baseia-se no fato de que as redes diretas são *aproximadores universais* de funções. Assim se apresenta na entrada da rede os dados, e a rede é treinada para a saída expressar a conclusão do SE. O funcionamento da RNA transforma-se em uma metáfora de um ato reflexo que, uma vez aprendido, repete-se de forma inconsciente. E esta característica é uma das forças do paradigma, pois *pode ser largamente empregado*, o que constitui também um dos seus pontos fracos pois, tal como um ato reflexo, *é difícil explicar o porquê do ato*. Assim o uso das redes diretas apresenta dificuldades na extração de explicações de como o sistema chegou a uma conclusão.

O segundo paradigma utiliza redes bidirecionais, que é um caso particular das redes com ciclos, contendo neurônios dinâmicos, vide Azevedo [AZE91] e Barreto [BAR93]. Neste tipo de rede tanto os dados, como as possíveis conclusões do especialista são representados pela ativação de neurônios, o conhecimento é representado por valores das intensidades de conexões sinápticas. Uma consulta é realizada com a excitação dos neurônios que representam dos sintomas presentes no caso, deixando a rede evoluir até atingir um ponto de equilíbrio. A excitação de algum (ou alguns) dos neurônios, que representam os pareceres, será a resposta do sistema.

Conforme Azevedo, Brasil e Oliveira [AZE2000] este segundo paradigma ainda é relativamente recente e ainda devido a isto pouco explorado. Os principais pontos fracos, apresentados são³⁷:

- é difícil saber se a rede vai, ou não, parar em algum ponto de equilíbrio, e;
- o tempo relativo ao transitório da rede pode ser longo.

Da mesma maneira as principais vantagens são³⁸:

- A representação do conhecimento é localizada, o que facilita a extração de explicações;
- Não existe um método de aprendizagem, e;
- O tempo do transitório da rede pode ser interpretado como a metáfora de raciocínio, podendo-se esperar deste paradigma, muito mais do que um simples ato reflexo.

³⁶ Não se aprofundará nesta tese o que são e como funcionam os vários modelos de RNA.

³⁷ Conforme os mesmos autores, Azevedo, Brasil e Oliveira [AZE2000].

³⁸ Idem à anterior.

O computador pode ser considerado uma máquina de resolver problemas. Portanto é natural se imaginar que tanto a possibilidade de resolver um problema específico, como o quanto de recursos vai ser gasto na tarefa, dependem diretamente da máquina usada. A noção de que um problema pode ser resolvido com recursos finitos, chama-se *Computabilidade*, vide Kfoury, Moll e Arbib [KFO82] e a quantidade de recursos envolvidos, *Complexidade*³⁹. Chama-se isto *Computabilidade Prática*. Por exemplo, um problema que requer um tempo de 100 anos de processamento no mais rápido computador que esteja disponível atualmente não é praticamente computável, vide Azevedo [AZE99].

No caso das RNA, pode-se dizer também que o problema crucial não reside na *computabilidade* e, sim, na *complexidade*. Em uma RNA a complexidade diz respeito ao número das camadas utilizadas na rede para resolver o problema, além do número de neurônios em cada camada. Os trabalhos de Minsky e Papert [MIN88] provam que as redes diretas necessitam de camadas intermediárias para solucionar problemas *não linearmente separáveis*. Trabalhos posteriores provaram que tudo que uma rede pode aprender com n camadas intermediárias pode ser aprendido por uma rede de uma única camada intermediária. O número de neurônios nas camadas de entrada e de saída, normalmente é resultado do problema em análise. O problema reside desta maneira no número de neurônios da camada intermediária que, se for grande pode causar a especialização da mesma e a perda da capacidade de generalização; por outro lado se for um número pequeno, a rede pode não aprender nada. Desta maneira, atualmente, este é um problema não resolvido, em que diversas heurísticas têm sido utilizadas para a determinação deste número.

Uma das soluções tem sido o uso de Algoritmos Genéticos (AG) para a determinação deste número partindo de uma população inicial de redes com diferentes números de neurônios na camada intermediária; Brasil [BRA99] explorou esta solução obtendo resultados encorajadores.

2.3.1 O Ambiente

É o ambiente que define o uso da rede. Exemplificando: se o objetivo da rede é controlar um processo, tem-se a RNA aplicada ao controle e o processo então representa o ambiente em que a rede é utilizada. Desta maneira se o objetivo da rede for reconhecer caracteres, o ambiente será o conjunto de caracteres que podem ser apresentados à rede para classificação e, assim, por diante.

³⁹ Uma apresentação destes conceitos de forma mais completa pode ser vista em Goldschlager e Lister [GOL82].

2.3.2 Como o conhecimento é representado na rede

Existem duas maneiras de representar o conhecimento: a localizada e a distribuída. O conhecimento é localizado quando para um neurônio, ou para uma sinapse, corresponde um conhecimento determinado e é distribuído quando cada conhecimento corresponde a vários neurônios ou sinapses.

Por exemplo, suponha-se que se deseje representar uma letra do código ASCII como entrada de uma rede. Pode-se, neste exemplo, ter duas opções:

- usar 256 neurônios e fazer a correspondência de cada neurônio com uma letra específica. Desta maneira a apresentação de uma letra ativará o neurônio correspondente e deixará todos os outros neurônios inativos, ou;
- utilizar somente 8 neurônios e ativar os neurônios que correspondem à representação binária ASCII da letra.

2.3.3 O que as RNA não são?

As RNA são inspiradas nas RNB (Redes Neurais Biológicas) ou RNN. Mas até onde esta inspiração pode ser utilizada? Frequentemente, esta inspiração é muito limitada e as RNA são uma caricatura da realidade biológica, uma vez que:

- RNN não são circuitos digitais: o primeiro modelo de neurônio apresentado por McCulloch e Pitts [MCC43] utilizava sinais binários. O neurônio biológico expressa sua ativação pela frequência da emissão dos pulsos e esta frequência tem uma variação contínua entre dois valores positivos;
- RNN não podem ter excitação negativa: alguns modelos de RNA utilizam valores de excitação negativa. Mas como a frequência de descarga em neurônios biológicos não pode ser negativa, RNN não podem ter excitação negativa;
- RNN não são homogêneas: as RNN não possuem todos os seus neurônios de um mesmo tipo como se utiliza nas RNA, apenas em algumas regiões cerebrais existe uma certa uniformidade no tipo de neurônios existentes nas RNN;
- RNN não são circuitos síncronos ou assíncronos: para serem circuitos síncronos deveria existir um relógio global de sincronização, e para ser assíncrona uma RNN deveria ter a duração do sinal de forma variável, vide Kohonen [KOH87], o que nunca foi observado;
- nem neurônios nem sinapses têm dois valores: desta maneira a semelhança com o "*spin*" do elétron não é válida, vide em Kohonen [KOH87];

- circuitos cerebrais não são capazes de cálculos recursivos: isto é consequência dos neurônios não serem sistemas discretos, impedindo a rede biológica de ser um autômato. Desta forma a equivalência com problemas solúveis por funções recursivas não tem sentido em uma aplicação de caráter biológico. Apesar disto os neurônios das RNA fazem delas sistemas equivalentes à máquina de Turing e, portanto, capazes de resolver funções recursivas.

2.3.4 Extração de Regras em RNA

A explicação ao usuário é uma importante função na IA. Diversas experiências com SE e RNA têm demonstrado que a capacidade para gerar explicações é absolutamente fundamental para a aceitação pelo usuário. As RNA têm tradicionalmente dificuldades em gerar estruturas de explicações. Apesar de ser um problema em aberto vários resultados importantes têm sido obtidos.

A explicação é usada para atualizar estruturas de conhecimento em raciocínio baseado em casos, quando uma falha na estrutura de casos é reconhecida, i.e., aprendizado direcionado as falhas. A explicação também é utilizada para esclarecer os resultados de um processo de raciocínio para os usuários. Em alguns casos, estes usuários nem sempre são especialistas do domínio, mas tem a responsabilidade de aceitar ou rejeitar uma solução produzida por um sistema de IA. A explicação pode também ser usada para o aprendizado de conhecimento intensivo sempre que uma nova teoria de domínio (completa) é dada, além de esclarecer, e.g., os resultados obtidos pela RNA com respeito à classificação de uma dada doença (diagnóstico médico).

Em Moore e Swartout [MOO89], os autores reclamam de que o uso anterior de textos ou *templates* como parte das explicações ao usuário eram tão rígidos que o sistema sempre interpretava os questionamentos do mesmo modo e de que havia portanto uma perda de estratégia de respostas. Existem hoje esforços de se obter vantagens de estratégias de diálogos de linguagem natural com iniciativas mistas, de modelos-usuários e de explicações planejadas explicitamente, atualmente também existem poucas dúvidas de que os sistemas correntes (regras, por exemplo) são ainda inflexíveis, não suscetíveis, incoerentes e rígidos. Desta forma se a explicação ao usuário é feita através da geração de conjuntos de regras (em IA simbólica e RNA), a qualidade e compreensibilidade da regra são tópicos importantes.

As RNA são sistemas tipo caixa-preta. Desta maneira se obter uma explicação sobre o raciocínio de uma RNA não é simples. Isto deve-se, principalmente, ao fato que o

conhecimento aprendido é representado pela topologia da rede e pelos valores de pesos e "*bias*". Estes normalmente não são compreendidos por seres humanos. Portanto a perda da capacidade de explanação é uma das principais razões do porquê das RNA não despertarem o interesse em certas áreas. Na maioria das aplicações do mundo real, os usuários querem e precisam saber o raciocínio por trás da conclusão a que um sistema de aprendizado ou de um SE chegou. Devido a isto uma RNA precisa ser capaz de dar uma explanação a uma dada resposta na saída desta. Isto pode ser feito de várias maneiras. Por exemplo, extrair regras *Se / Então*, convertendo a RNA para uma árvore de decisões.

A extração de regras *Se / Então* é normalmente aceita como a melhor maneira de extrair o conhecimento representado na RNA. Não por ser um trabalho fácil, mas devido as regras criadas, pois estas são mais compreensíveis para os seres humanos do que por alguma outra representação (e.g., árvores de decisão), e também por que as regras extraídas das RNA treinadas podem ser usadas, ainda, em outros sistemas como é o caso dos SE.

Os méritos da inclusão de técnicas de extração de regras, como um acessório para técnicas de RNA convencionais, incluem⁴⁰:

1. Fornecer capacidade de explicação ao usuário;
2. AC ⁴¹ para sistemas de IA simbólica permitindo superar o gargalo da engenharia de conhecimento, e;
3. O potencial para contribuir no entendimento de como as abordagens simbólica e conexionista de IA podem ser integradas beneficemente.

Desta forma as técnicas de extração de regras procuram esclarecer ao usuário como a rede chegou a decisão, decodificando o(s) estado(s) interno(s) da RNA. A maioria dos trabalhos nesta área tem sido direcionados no sentido de apresentar as explanações como um conjunto de regras expressas como lógica simbólica convencional, i.e., valores booleanos, na forma de *Se . . . Então . . . Senão . . .*, num esforço substancial que tem sido também direcionado com respeito ao conhecimento codificado na RNA, utilizando conceitos extraídos da lógica "fuzzy". Isto também permite que as regras sejam expressas em uma forma na qual se trata com verdades parciais. Por exemplo, *Se . . . Então . . . pode-ser-verdade* ou *Se . . . Então . . . poderia-possivelmente-ser-verdadeiro*.

Um outro objeto de estudo intimamente relacionado à extração de regras de RNA, diz respeito ao uso de RNA para refinar regras simbólicas existentes. O ponto inicial deste

⁴⁰ Vide em Brasil et al. [BRA97].

⁴¹ Aquisição de Conhecimento.

processo é a base de conhecimento inicial (regra), a qual pode não necessariamente ser completa, ou até mesmo correta. Neste caso, a RNA é utilizada para produzir uma representação melhorada do domínio do problema, no qual um conjunto refinado de regras simbólicas pode ser extraído. Como este assunto não é pertinente a este trabalho, recomendamos Diederich e Tickle [DIE95] para maiores esclarecimentos.

2.3.5 Aquisição de Conhecimento

A tarefa de Elicitação de Conhecimento⁴² (EC) consiste na extração do conhecimento do especialista de domínio (por exemplo, o especialista médico). Neste caso, o objetivo principal é minimizar as dificuldades intrínsecas do processo de AC, uma vez que quando se está trabalhando com um sistema simbólico tenta-se extrair regras, que são a maneira mais usual de se representar o conhecimento, vide em Azevedo, Brasil e Oliveira [AZE2000]. Quando se trata de um sistema conexionista (neural), tenta-se obter exemplos.

Durante o processo de EC é possível se obter algumas regras do especialista de um domínio, as quais são consideradas como regras iniciais, i.e., são aquelas regras que foram possíveis de ser obtidas de um dado domínio de um especialista referentes ao seu conhecimento.

Supõem-se que se estas regras iniciais correspondem ao conhecimento mínimo deste especialista se teria então o conhecimento mínimo descrito nas regras e que estas seriam consideradas ortogonais, vide em Azevedo, Brasil e Oliveira [AZE2000]. Desta maneira quando se fosse mapeá-las em uma RNA este conhecimento estaria embutido nas suas conexões, de forma a representar o mínimo conhecimento extraído de um especialista para uma dada solução de um problema. Por isto, caso se utilizasse um processo de otimização para esta RNA, e.g., com respeito ao número de neurônios na camada intermediária, não se poderia obter uma RNA final (vencedora) com o número de neurônios na camada intermediária com um valor menor do que a da inicial. Isto quer dizer que a RNA final perderia as informações extraídas do referido especialista através das regras iniciais. Contudo, conforme Azevedo, Brasil e Oliveira [AZE2000], acredita-se que as regras iniciais elicítadas do especialista sejam apenas algumas informações que o especialista conseguiu articular para o engenheiro de Conhecimento. Desta forma ele estaria explicando o porquê de inferir aquela decisão ou conclusão com respeito a determinado domínio de um problema. Pode ser, também, que estas regras já descrevam o mínimo conhecimento da tomada de decisão sobre uma dada conclusão da parte do especialista. Contudo, não existe nada

⁴² Esta etapa é uma das mais importantes dentro do processo de Aquisição de Conhecimento (AC). É considerada como o gargalo no desenvolvimento de um SE.

atualmente que comprove isso. Desta maneira, se opta em usar, ao invés de regras básicas, a conotação de regras iniciais.

As regras iniciais devem levar em consideração, também, as imprecisões relacionada aos processos cognitivos humanos como o raciocínio e o pensamento. O modelo que é proposto para tratar as imprecisões normalmente é auxiliado pelos métodos de raciocínio "*fuzzy*", que utilizam a lógica "*fuzzy*" para descrever as regras iniciais na forma de regras "*fuzzy*", vide em Gupta e Rao [GUP94] e [GUP94a], Zadeh [ZAH88] e Zimmermann [ZIM91].

2.4 Sistemas "*Fuzzy*"

A dificuldade, ou a impossibilidade, de se obter todas as informações e de representar a realidade imprecisa do mundo, levou alguns cientistas a proposição de lógicas alternativas que seriam mais propícias à representação daquele mundo particular. Uma destas proposições é a lógica "*fuzzy*"⁴³ de Zadeh [ZAD65].

Uma grande quantidade dos problemas relacionados com a representação de conhecimento origina-se da dificuldade que se tem na expressão, com a precisão desejada, das idéias sobre pensamentos, sensações ou percepções do mundo físico que nos rodeia. Uma teoria que permite dar forma matemática às expressões próprias, e.g., da linguagem natural, sem diminuir a potência expressiva das mesmas, é a Matemática "*fuzzy*". Através dela, pode-se realizar operações com palavras, onde os conjuntos "*fuzzy*" são os *valores* das palavras, vide Braga, Barreto e Machado [BRA95].

O motivo, desta forma, para a utilização de conjuntos "*fuzzy*" vem da necessidade de representar as proposições do tipo:

- Carlos é muito alto;
- Sônia está ligeiramente mais gorda;
- Joana é baixa;
- Pedro está com febre alta;
- Rute tem em torno de 35 anos.

Assim, a imprecisão, com respeito a uma afirmação, é expressa através de um número que em vez de *probabilidade* exprime a *possibilidade* da afirmação ser correta. No

⁴³ No Brasil existem duas "correntes" quanto a forma correta para a tradução do termo *Fuzzy Set* (origem da *Fuzzy Logic* e dos *Fuzzy Systems*), que seriam Conjuntos Difusos ou Conjuntos Nebulosos, fica-se com a tradução *Difuso*, como a melhor forma de explicar a lógica *Fuzzy* (Difusa), utilizada para construir os SE Difusos (*Fuzzy*).

caso do exemplo, *Pedro está com febre alta*, pode-se exprimir a possibilidade da febre pertencer ao conjunto de coisas altas.

O tratamento da imprecisão, pode ser essencial nas diferentes etapas do manejo do conhecimento, vide Rich e Knight [RIC94], ou seja na:

- a) coleta de informação;
- b) definição dos elementos do conhecimento;
- c) combinação dos elementos entre si, ou seja, imprecisão nas premissas;
- d) forma de obter conclusões, i.e., a aplicação de uma regra de raciocínio;
- e) avaliação de uma seqüência de regras ou estruturas, como é o caso da aplicação consecutiva de regras de raciocínio.

Na aquisição de informação, o engenheiro de conhecimento e o próprio especialista se deparam com informações não facilmente classificáveis como a caracterização de um sinal como fraco, médio ou forte. Diferentes pessoas provavelmente discordarão na classificação de alguns sinais.

“ Na definição dos elementos de conhecimento quando a preocupação se concentra em fazer sínteses é freqüentemente necessário recorrer a métodos estatísticos e probabilísticos para depurar índices e freqüências.

Na combinação de elementos de conhecimento entre si, permitindo certa conclusão, é onde a presença da imprecisão mais se acentua. Entra aí, a consideração de os eventos serem ou não independentes entre si e o quanto cada informação pesa sobre a conclusão “, Azevedo, Brasil e Oliveira [AZE2000].

A avaliação de uma seqüência de eventos é, sem dúvida, o caso mais difícil de ser equacionado, uma vez que envolve estabelecer os raciocínios que o especialista deve efetuar. Para determinar todas as decisões possíveis do especialista, é necessário que todas as árvores de decisão sejam construídas e avaliadas. Isto é possível apenas para problemas pequenos. Em problemas maiores se deve recorrer, forçosamente, a métodos de raciocínio aproximado (impreciso).

Assim enquanto a teoria tradicional dos conjuntos define a pertinência às proposições *Carlos é muito alto, Sônia está ligeiramente mais gorda, Joana é baixa, Pedro está com febre alta e Rute tem em torno de 35 anos*, como um predicado booleano⁴⁴ (sim ou não). Por outro lado, a teoria "fuzzy" permite representar a pertinência a um conjunto como uma distribuição de possibilidades.

⁴⁴ Na lógica "fuzzy", a forma booleana é conhecida também como conjunto abrupto ("crisp").

Zadeh definiu a distribuição de possibilidades como: Seja Y uma variável com valores em X ; então, a distribuição de possibilidade, Π_Y , associado com Y , pode ser visto como uma restrição "fuzzy", nos valores que podem ser assumidos por Y . Assim, a distribuição é caracterizada por uma função de distribuição de possibilidade $\Pi_Y : X \rightarrow [0, 1]$, o qual, associa com cada $x \in X$, o grau de possibilidade que Y pode assumir de x como um valor, vide em Kandel [KAN86].

Então este tipo de imprecisão leva em consideração a teoria de conjuntos, todavia restrita para o intervalo $[0, 1]$. Ela implica na representação de imprecisão por um grau que é expresso pelo valor de uma função de pertinência (grau de pertinência, grau de compatibilidade ou grau de verdade). Esta função de pertinência pode expressar então o grau de um elemento pertencer a um conjunto.

2.4.1 Sistema Especialista *Fuzzy*

Atualmente tem havido aumento no interesse de pesquisas em sistemas "fuzzy" e em suas aplicações. Isto se deve principalmente ao fato do grande sucesso dos produtos de consumo do Japão, que fazem uso intensivo da tecnologia "fuzzy", vide em Jang, Sun e Mizutani [JAN97] e ainda em Nauck, Klawonn e Kruse [NAU97]. Nestes produtos a maioria das aplicações de sistemas "fuzzy" podem ser encontradas nas áreas de controle "fuzzy", raciocínio aproximado, reconhecimento de padrões, tomada de decisão, dentre outras⁴⁵.

A idéia principal dos sistemas "fuzzy" é buscar estender a modelagem clássica binária de conceitos e atributos como *alto*, *rápido* ou *velho* em um sentido de verdade gradual, ou seja, sob a forma de um grau de pertinência. Isto significa também que uma pessoa não é vista somente como *alta* ou não *alta*, mas como *alta* para um certo grau entre 0 e 1.

Os modelos clássicos usualmente tentam evitar a informação *vaga*, *imprecisa*, ou *incerta*, por considerar esta informação como tendo uma influência negativa em um processo de inferência. Os sistemas "fuzzy", por outro lado, utilizam-se deste tipo de informação, o que conduz, usualmente, para modelos mais simples e mais adequáveis, que são mais fáceis de manter e mais familiares ao pensamento humano.

A determinação dos graus de pertinência entre 0 e 1, para poder especificar a extensão para o qual um objeto preenche um conceito, é o problema geral em sistemas "fuzzy". Por exemplo, ao se desejar descrever a qualidade de *alto* comparativamente aos

⁴⁵ Vide também em Zimmermann [ZIM91] e Nauck, Klawonn e Kruse [NAU97].

adultos masculinos, deve-se especificar para cada altura o grau para o qual o mesmo pertence ao conceito *alto*. Este grau não pode diminuir com o aumento da altura. Mas o valor exato dado para, e.g., 1.82 cm não é facilmente observável.

Entretanto, a determinação dos graus de pertinência tem influência na conduta dos sistemas "fuzzy" em sua aplicação mais ampla. Especialmente, se estes valores são utilizados em cadeias de cálculos ou inferências, onde então uma troca pequena em um valor pode ter uma influência grande no resultado final.

2.4.2 Sistema Especialista Neuro-Fuzzy

Os benefícios na utilização de sistemas "fuzzy" levam a uma representação de conhecimento adequada baseada na forma de regras *Se/Então* com antecedentes e conseqüentes "fuzzy". Apesar disto os problemas crescem quando conceitos "fuzzy" tem que ser representados por graus de pertinência, os quais garantem que um sistema "fuzzy" trabalhe da forma como se espera. Por isto é muito promissor ter procedimentos de aprendizado, que podem determinar estes valores automaticamente. As vantagens de uma combinação dos sistemas "fuzzy" com RNA são óbvias, pois as desvantagens de ambos, i.e., a conduta de caixa-preta das RNA e os problemas de determinação dos valores de pertinência para sistemas "fuzzy", podem então ser evitados. Uma combinação de ambas as técnicas pode ser um caminho para amenizar os problemas anteriormente citados. A integração destas duas abordagens complementares resulta em um novo termo científico chamado de "Neuro-Fuzzy", cuja aplicação é normalmente utilizada para desenvolvimento do que se conhece atualmente de Sistemas "Neuro-Fuzzy".

Normalmente se encontra na literatura dois tipos de combinação entre RNA e sistemas "fuzzy", que têm a finalidade de otimizar um sistema "fuzzy". Na primeira abordagem, RNA e sistema "fuzzy" trabalham independentemente de cada um. A combinação conduz para a determinação de certos parâmetros pela RNA, ou um algoritmo de aprendizado de RNA, serão utilizados pelo sistema "fuzzy". Isto pode ser feito de maneira "on-line" ou "off-line" durante o uso do próprio sistema "fuzzy". No segundo tipo de combinação se define uma arquitetura homogênea, usualmente similar à estrutura de uma RNA. Isto pode ser feito pela interpretação de um sistema "fuzzy" como um tipo especial de RNA, ou por implementar um sistema "fuzzy" utilizando uma RNA. Este tipo de combinação é também denominado de Sistema "Neuro-Fuzzy" Híbrido. Maiores detalhes sobre estes assuntos também podem ser encontrados em Jang, Sun e Mizutani [JAN97] e em Nauck, Klawonn e Kruse [NAU97].

2.5 Verdade, Acaso e Estatística

Como colocado por Holtz [HOL91] testes de *VERDADEIRO* ou *FALSO* são uma parte básica de toda programação de computadores. Para se conceitualizar IA, precisa-se tratar com as condições menos finitas que eventualmente se igualarão (ou serão igualadas) a *VERDADEIRO* ou *FALSO*. Com este conceito em mente, o único tipo de *verdade absoluta* é aquele que é implicado pela premissa da qual o mesmo é o predicado. Expressando em linguagem matemática, pode-se dizer que se a premissa x é igual a y , e y é igual a z , então x **tem de ser igual** a z . Esta é uma *verdade absoluta* nos limites da premissa que afirma que $x == y$ e que $y == z$. Se qualquer uma das premissas não for verdadeira, então toda a *verdade absoluta* pode também não ser verdadeira. Consequentemente, todas as *verdades absolutas* são aquelas implicadas, e.g., se um levantamento estatístico confiável mostrar que para cada quinze pessoas de uma determinada população uma está resfriada e que a população fixa é de 50.000 pessoas, então pode-se afirmar que nesta população existem 1.000 pessoas com resfriado. A precisão, ou *verdade absoluta* das varias implicações podem sofrer questionamentos. Na IA, em campos relacionados com sistemas especialistas, a premissa é o aspecto mais importante, porque a precisão da verdade é predicado dela.

Os seres humanos tendem a chegar às verdades baseados em premissas incompletas. Alguns são muito bons em obter verdades baseados em dados incompletos e questionáveis. Aqueles que são bons nisto são freqüentemente chamados de *especialistas* em suas áreas de atuação. Diz-se que a pessoa tem "*jeito ou habilidade*" para tirar as conclusões mais corretas a partir de um conhecimento apenas superficial das premissas. Na programação de um SE é necessário descobrir mais coisas sobre este "*jeito*". Normalmente isto implica aprender estatística.

A medida que indica a *probabilidade* de uma premissa ser verdadeira é chamada *inferência estatística*, e suas raízes originam-se em séculos passados. Ao examinar-se uma premissa, precisa-se primeiro examinar os objetos sobre os quais a premissa esta baseada, se uma premissa afirma que o lançamento de um dado tem uma possibilidade em seis de cair sobre qualquer um dos lados, precisa-se dar uma olhada nos dados para se determinar se tal premissa é lógica. Neste exemplo se verifica que o dado realmente tem seis lados diferentes. Quando lançado, a premissa sob análise assegura que qualquer lado de um dado qualquer tem uma possibilidade em seis de sair virado para cima. Por conseqüência, é lógico se afirmar que existe uma possibilidade em seis de que qualquer lado em particular

do dado saia voltado para cima. Esta premissa pode ser provada num grau bastante alto jogando-se o dado milhares de vezes por qualquer pessoa⁴⁶.

Os seres humanos, de quem se diz possuírem "*verdadeira inteligência*" (em oposição ao tipo artificial), calculam estas possibilidades de eventos aleatórios que ocorrem todos os dias de suas vidas. Se alguém tiver que se dirigir até a cidade para fazer compras e tiver de voltar num certo tempo imediatamente avaliará a probabilidade de ocorrências tais como engarrafamento no trânsito, a loja ou lojas que mais provavelmente estarão mais vazias, etc. Todos estes juízos são baseados em certas premissas que se acumulam através de experiências passadas. E o "*levantamento*" ou tomada de amostras sobre as quais tais premissas se baseiam pode não ter qualquer relação direta com a tarefa a ser enfrentada, e.g., se alguém estiver há poucos dias em uma cidade e precisar ir ao mercado fazer compras como que visualizará esse evento. Em outras palavras, formulará uma idéia muito boa quanto ao que esta ida ao mercado acarretará. Conseguirá informações sobre o tráfego local baseado naquilo que tiver visto desde a sua chegada na cidade. Se este alguém não tiver recolhido qualquer informação do tráfego da localidade, então provavelmente admitirá a premissa de que será igual ou parecido ao de outras localidades que já tenha visitado. Este alguém normalmente se concederia um pouco mais de tempo baseado no fato de que tem dados incompletos. Esta série de exercícios lógicos continuaria com a escolha do mercado, escolha do carrinho de compras, escolha de produtos, etc.

A fim de se programar com sucesso muitos aspectos da inteligência, é necessário definir claramente, passo a passo, o que é a *inteligência*. Neste exemplo, a *inteligência* envolve a capacidade de se trabalhar logicamente com as ocorrências não experimentadas, baseado em dados coletados em situações similares. Isto envolve, também, um cálculo de probabilidades. O seres humanos (como exemplificado) calculam probabilidades todos os dias, mas o fazem de forma tão natural que a maioria não se dá conta de que o fazem.

2.5.1 Noções de Probabilidade - Conceitos Preliminares

Neste item, são apresentados alguns conceitos introdutórios da teoria da probabilidade.

Notação e Axiomas Básicos

Por simplificação, suponha-se que as variáveis aleatórias possam assumir somente 2 valores: *verdadeiro* ou *falso*. Se A é uma variável aleatória, então $p(A)$ denota a probabilidade de que A seja verdadeiro e $p(\neg A)$ denota a probabilidade de que A seja falso.

⁴⁶ Apesar de que nenhuma pessoa precise realizar tal teste.

Além disso, $\underline{p}(A)$ denotará o vetor $[p(A) \ p(\neg A)]$. Também são utilizados conectivos proposicionais para denotar probabilidades mais complexas, como por exemplo $p(A \cup B)$ representa a probabilidade de que A seja verdadeiro ou B seja verdadeiro.

A probabilidade $p(A)$ recebe o nome de probabilidade *a priori* e corresponde a probabilidade de que a variável aleatória A seja verdadeira sem contar com nenhuma informação adicional.

Axiomas básicos da teoria das probabilidades, se A e B são variáveis aleatórias, então:

- $0 \leq p(A) \leq 1$ (I)
- $p(\text{verdadeiro}) = 1 - p(\text{falso}) = 1$ (II)
- $p(A) + p(\neg A) = 1$ (III)
- $p(A \cup B) = p(A) + p(B) - p(A \cap B)$ (IV)

Se A e B são eventos aleatórios, então $\underline{p}(A \cap B)$ denota a matriz de probabilidade conjunta de A e B :

$$\underline{p}(A \cap B) = \begin{bmatrix} p(A \cap B) & p(\neg A \cap B) \\ p(A \cap \neg B) & p(\neg A \cap \neg B) \end{bmatrix}$$

Em geral, se existirem n variáveis, a matriz de probabilidades conjunta será uma matriz n -dimensional com 2^n valores, no caso de que todas as proposições sejam binárias. No caso geral, supõe-se que existam variáveis V^1, \dots, V^n . Por outro lado, se V é uma variável aleatória binária, será representada com V_0 a proposição $V = \text{falso}$ e V_1 a $V = \text{verdadeiro}$. A matriz de probabilidade conjunta especificará todos os valores de probabilidade do tipo:

$$p(V_{i_1}^1 \cap \dots \cap V_{i_n}^n)$$

Onde i_j pode assumir os valores 0 e 1. Esta matriz permite calcular a probabilidade marginal de qualquer subconjunto de variáveis.

Por exemplo, se P é a matriz de probabilidades:

$$P(V_0^j) = \sum_{V^j = \text{falso}} p(V_{i_1}^1 \cap \dots \cap V_{i_n}^n)$$

Onde o somatório do lado direito especifica somar todos os elementos da matriz para os quais V^j é falso.

Experimentos Não-Determinísticos

Um experimento "*não-determinístico*" é todo procedimento que ao ser realizado terá como resultado valores aleatórios.

A definição precisa deste conceito é mais complexa que a sua compreensão através de exemplos:

- Jogar uma moeda 6 vezes e observar o número de caras obtido;
- Peças fabricadas em série em uma linha de produção e verificar quantas são defeituosas num período de tempo X.

Pode-se caracterizar um experimento aleatório quando as seguintes características são observadas (conforme Meyer [MEY91]):

- *Cada experimento poderá ser repetido indefinidamente sob condições essencialmente inalteradas;*
- *Embora não se possa afirmar que um resultado em particular ocorrerá, pode-se descrever o conjunto de todos os resultados possíveis (cara ou coroa, defeituosa ou não); e,*
- *Quando o experimento for executado repetidamente, os resultados individuais parecerão ocorrer de forma acidental. Contudo, quando o experimento for repetido um grande número de vezes, uma configuração definida ou regularidade surgirá. É esta regularidade que torna possível construir um modelo matemático preciso, com o qual se analisará o experimento (50% de caras, 50% de coroas, ...).*

O Espaço Amostral

Para cada experimento considerado, define-se como espaço amostral o conjunto de todos os resultados possíveis. Normalmente se representa esse conjunto por **S**.

Considerando o experimento "Jogar uma moeda 6 vezes e observar o número de caras obtido" o espaço amostral será: $S = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$, o que corresponde a nenhuma cara (0), uma cara (1) e assim por diante até a possibilidade máxima 6 (nas seis jogadas sair cara em todas as jogadas).

Um espaço amostral está sempre associado a um experimento que não é necessariamente numérico (por ex. Jogar uma moeda 6 vezes e observar a seqüência de faces obtida).

Eventos

Um evento representa uma ou mais ocorrências dentro do espaço amostral **S**, ou seja, um *evento* é um *subconjunto* de um espaço amostral **S**. O próprio espaço amostral pode ser considerado um evento. Qualquer resultado individual pode também ser tomado como um evento. Para o experimento da moeda o evento (2) significa que duas caras são obtidas dentro do experimento da moeda. O evento (3) significaria que três caras são obtidas dentro do experimento da moeda e assim por diante.

Frequência Relativa

Frequência relativa é a razão entre um evento e o número de repetições do experimento. Por exemplo: o evento "cara" em relação ao experimento "jogar moeda", se jogarmos 10 vezes a moeda e ocorrerem 3 "caras" a frequência relativa será: 0,3 ou 30%.

Porém se aumentar-se o número de vezes que a moeda é lançada, haverá uma tendência da frequência relativa se estabilizar próxima a algum valor numérico. Isto é denominado *regularidade estatística*.

Probabilidades e Eventos sem Experimentação

As probabilidades se associam a eventos. Por exemplo, em um jogo de roleta se pode associar uma probabilidade ao evento "*a bola cai no zero*". O enfoque clássico da probabilidade supõe que as probabilidades são inerentes a natureza física do mundo. Por exemplo, ao lançar uma moeda os valores da probabilidade de que caia *cara* ou *coroa* são propriedades inerentes à física da moeda. Sob esta interpretação, as probabilidades são chamadas *frequentistas* e com base em experimentos se pode estimar estas probabilidades. Por exemplo, pode-se lançar uma moeda mil vezes e estimar a probabilidade de que saia *cara* baseado no número de vezes que saiu *cara*.

O enfoque clássico de probabilidades é problemático em situações nas quais os experimentos não são possíveis. Por exemplo, o evento *no próximo ano haverá um golpe de estado em Cuba* tem uma probabilidade associada. Entretanto, não há forma de experimentar e medir frequências associadas a este evento, pois a situação política do próximo ano em Cuba é única.

Como alternativa, as probabilidades *Bayesianas* consideram as probabilidades como subjetivas e associadas ao conhecimento pessoal das pessoas. A probabilidade de um evento é, sob o enfoque Bayesiano, um *grau de crença* na probabilidade de que o evento ocorrerá, sob o ponto de vista de algum indivíduo. Uma vantagem da probabilidade Bayesiana é que não é necessário associar experimentos para estimar a probabilidade associada a eventos.

2.5.2 Redes de Bayes

O primeiro trabalho que sugeriu uma representação de conhecimento incerto baseado em estatística foi feito pelo reverendo Bayes em 1763, republicado em Bayes [BAY63]. Na maioria das decisões que são tomadas no cotidiano o raciocínio com incerteza é o mais comum. A partir de um número limitado de eventos observados se decide pela execução de uma ação. Contudo, em muitos casos, os eventos observados não são suficientes para se determinar de forma precisa as consequências de uma ação. O

raciocínio probabilístico é uma das formas de se processar a incerteza envolvida neste contexto probabilístico. As redes Bayesianas, baseadas no teorema de Bayes, podem ser utilizadas como este mecanismo de raciocínio incerto.

Probabilidades Condicionais e Regra de Bayes

Conforme foi apresentado no sub-item 2.5.1, tópico “Notação e Axiomas básicos de Probabilidade”, a notação $p(A)$ é usada para designar a probabilidade *a priori* ou probabilidade incondicional de que a proposição A seja verdade, conforme Carneiro [CAR99]. Por exemplo, se *Gravidez* denota a proposição de uma determinada mulher estar grávida, então:

- $p(\text{Gravidez}) = 0.1$

significa que, "na ausência de qualquer outra informação", será atribuída a probabilidade de 0.1 (chance de 10%) ao evento da paciente estar grávida. É importante se observar que $p(A)$ pode ser usada apenas quando não existe outra informação disponível.

A proposição à qual refere-se esta probabilidade pode ser apresentada por um símbolo de proposição $p(A)$. Proposições também incluem igualdades envolvendo as chamadas *variáveis aleatórias*. Para a variável aleatória *Tempo_Verão*, pode-se ter:

- $p(\text{Tempo_Verão} = \text{Neve}) = 0.01$
- $p(\text{Tempo_Verão} = \text{Frio}) = 0.09$
- $p(\text{Tempo_Verão} = \text{Chuvoso}) = 0.4$
- $p(\text{Tempo_Verão} = \text{Ensolarado}) = 0.5$

Cada variável aleatória X tem um domínio de valores possíveis $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. No exemplo $p(\text{Gravidez})$ pode ser visto como uma abreviação de $p(\text{Gravidez} = \text{verdade})$. De maneira semelhante, $p(\neg \text{Gravidez})$ é a abreviação para $p(\text{Gravidez} = \text{falso})$.

Algumas vezes é necessário se referir à probabilidade de todos os possíveis valores de uma variável randômica. Pode-se usar uma expressão tal como $p(\text{Tempo_Verão})$, que significa um vetor de valores para as probabilidades de cada estado individual de *Tempo_Verão*.

No exemplo:

- $p(\text{Tempo_Verão}) = \{ 0.01, 0.09, 0.4, 0.5 \}$

define a "distribuição de probabilidades para a variável randômica *Tempo_Verão*"⁴⁷.

Podem ser usadas expressões como $p(\text{Tempo_Verão}, \text{Gravidez})$ que abrange as probabilidades de todas as combinações de valores do conjunto de variáveis randômicas. O

⁴⁷ Observação: a soma das probabilidades deve ser sempre igual a 1.

exemplo $p(\text{Tempo_Verão}, \text{Gravidez})$ pode ser visto como uma tabela de probabilidades de dimensão 4×2 , nas quais podem ser usadas proposições e conectivos lógicos.

Pode-se dizer que:

- $p(\text{Gravidez} \cap \neg \text{RH+}) = 0.04$

significa que existe 4% de chance da paciente estar grávida e de que seu fator RH ser negativo simultaneamente, sendo RH+ a proposição da paciente possuir fator sanguíneo RH positivo.

Uma vez que se obtém alguma evidência com relação às proposições que fazem parte do domínio, as probabilidades *a priori* não mais se aplicam. Ao invés destas são usadas as probabilidades *a posteriori*, ou *probabilidades condicionais*. A notação $p(A / B)$ expressa a "*probabilidade de A dado que tudo que se sabe é B*". Por exemplo, $p(\text{Gravidez} | \text{Enjôo}) = 0.8$ indica que se foi observado que a paciente sente enjoô (proposição) e ainda não existe disponível nenhuma outra informação, desta forma a probabilidade de que a paciente esteja grávida no exemplo é de 80 %.

Como comentado por Russel e Norvig [RUS95], a inferência probabilística não opera da mesma forma que a inferência lógica. Existe a tendência de se interpretar a expressão $p(A / B) = 0.8$ como "*sempre que B for verdade, conclua que p(A) é 0.8*".

Esta interpretação é incorreta devido a:

- a) $p(A)$ sempre denotar a probabilidade *a priori* de A e não a probabilidade *a posteriori*, dada alguma evidência; e,
- b) $p(A / B) = 0.8$ ser aplicável somente quando B for a única evidência.

Quando uma evidência adicional C se torna disponível, deve-se calcular $p(A/B \cap C)$. Em um caso limite, C pode estabelecer diretamente se A é verdadeiro ou falso. Se uma paciente que está sofrendo de enjoô é examinada e uma gravidez é constatada, tem-se então a evidência adicional *Gravidez*, o que permite concluir que:

- $p(\text{Gravidez} | \text{Enjôo} \cap \text{Gravidez}) = 1$

A notação $p(\text{distribuição de probabilidades})$ também pode ser usada com *probabilidades condicionais*. Nesse caso, $p(X / Y)$ é uma tabela bidimensional, que dá os valores de $p(X = x_i / Y = y_j)$ para todos os possíveis valores de 1 a j .

Formalizando, tem-se:

"Sejam A , B e S . A probabilidade de que o evento A ocorra uma vez que o evento B ocorreu, denotada por $p(A | B)$, é chamada de probabilidade condicional de A dado B , e definida como:

$$p(A | B) = \frac{p(A \cap B)}{p(B)} \quad (\text{V})$$

Onde:

- a) $p(A | B)$ é uma restrição de A ao novo espaço amostral B ; e,
- b) $p(B)$ é a probabilidade *a priori* de B , desde que essa probabilidade seja diferente de 0.

É importante lembrar que a probabilidade condicional $p(A | B)$ somente pode ser usada quando tudo o que se sabe é B . Ao se considerar um novo evento C , deve ser usada outra probabilidade, a probabilidade $p(A | B \cup C)$, ao invés de $p(A | B)$. Além disto, a probabilidade *a priori* $p(A)$ pode ser pensada como um caso especial da probabilidade condicional $p(A | \cdot)$ ⁴⁸, onde a probabilidade é condicionada a nenhuma evidência.

A equação (V) pode ser reescrita como:

$$p(A \cap B) = p(A | B) * p(B) \quad (\text{VI})$$

a qual é chamada de regra do produto.

Da mesma maneira, a probabilidade condicional de B dado A , $p(B | A)$ é, por definição:

$$p(B | A) = \frac{p(B \cap A)}{p(A)} \Rightarrow p(B \cap A) = p(B | A) * p(A) \quad (\text{VII})$$

Como a interseção probabilística é de natureza comutativa, tem-se:

$$p(A \cap B) = p(B \cap A) = p(B | A) * p(A) \quad (\text{VIII})$$

Fazendo a substituição da Equação (VIII) na Equação (V), chega-se à equação:

$$\boxed{p(A | B) = \frac{p(B | A) * p(A)}{p(B)}} \quad (\text{IX})$$

que é conhecida como *Regra de Bayes* ou *Lei de Bayes* ou ainda *Teorema de Bayes*.

Aplicando a Regra de Bayes

Neste tópico se apresenta um exemplo de aplicação da regra de Bayes que foi extraído de Russel e Norvig [RUS95]. Em uma análise preliminar a regra de Bayes não parece ser de grande utilidade, uma vez que para ser aplicada no cálculo de uma

⁴⁸ Ou $p(A | \emptyset)$. Sendo \emptyset = ao conjunto vazio, ou nenhuma informação.

probabilidade condicional $p(A / B)$ são necessárias uma probabilidade condicional - $p(B / A)$ - e mais duas probabilidades incondicionais, $p(A)$ e $p(B)$. Contudo o uso da fórmula é útil na prática por que, em muitas situações, existem boas estimativas para $p(B / A)$, $p(A)$ e $p(B)$ e também existe a necessidade de se obter $p(A / B)$.

Por exemplo, em diagnósticos médicos freqüentemente as probabilidades condicionais de relações causais são conhecidas e delas se deseja derivar um diagnóstico. Um médico sabe que a meningite causa rigidez no pescoço em 50% dos casos. Ele sabe também alguns fatos incondicionais como: a probabilidade *a priori* de um paciente ter meningite é de $1/50000$ e a probabilidade *a priori* de qualquer paciente sofrer de rigidez no pescoço é de aproximadamente $1/20$.

Seja então M o evento "*paciente tem meningite*" e R o evento "*paciente está com o pescoço rígido*" se tem:

- $p(R / M) = 0.5$
- $p(M) = 1/50000$
- $p(R) = 1/20$

$$p(M / R) = \frac{p(R / M) * p(M)}{p(R)} = \frac{1/2 * 1/50000}{1/20} = 0.0002 = 1/5000$$

i.e., a expectativa que se tem é de que apenas 1 em 5000 pacientes com rigidez no pescoço possa ter meningite como causa.

É importante se notar que muito embora a presença de meningite seja uma forte indicação para a rigidez do pescoço $p(R / M) = 0.5$, a probabilidade de que um paciente com rigidez no pescoço possa ter meningite permanece baixa. Isso se deve ao fato de que a probabilidade *a priori* de rigidez no pescoço $p(R) = 1/20$ ser muito maior do que a probabilidade *a priori* de meningite $p(M) = 1/50000$.

Uma pergunta que pode ser feita é por que não se fornece diretamente a probabilidade condicional $p(M / R)$, já que se fornece a probabilidade $p(R / M)$ para ser usada no cálculo? No caso da meningite, o médico muito provavelmente já saiba que 1 entre 5000 pacientes com rigidez no pescoço devem ter meningite, o que tornaria desnecessário o uso da regra de Bayes. Entretanto, caso aconteça uma epidemia de meningite, e.g., a probabilidade *a priori* de meningite - $p(M)$ - irá aumentar. O médico que derivar $p(M / R)$ a partir de observações estatísticas de pacientes, antes da epidemia, não terá a menor idéia de como atualizar este valor. Por outro lado, o médico que calcular $p(M / R)$ a partir das 3 outras probabilidades, verá que $p(M / R)$ aumentará proporcionalmente ao aumento de $p(M)$.

Desta maneira, a informação $p(R / M)$ permanece inalterada com a epidemia, uma vez que ela apenas descreve a forma como a meningite normalmente atua, que independe da meningite acontecer de forma isolada ou em caráter epidêmico.

"As probabilidades condicionais representam conhecimento causa / efeito, a partir delas podemos medir a probabilidade de que a causa esteja presente dados certos sintomas (efeitos) ", (Russel e Norvig [RUS95]).

Suponha-se que seja agregada a hipótese:

L: corresponde ao efeito "chicote" que ocorre com um passageiro de um veículo que sofre uma colisão.

Além disso, suponham-se as seguintes probabilidades:

- $p(R / L) = 0.8$
- $p(L) = 1/1000$

Então, pode-se calcular:

$$p(L / R) = \frac{p(R / L) * p(L)}{p(R)}$$

Entretanto, é comum que verdadeiro interesse seja determinar qual das duas explicações é a melhor. Para isto bastará obter as probabilidades relativas:

$$\frac{p(M / R)}{p(L / R)} = \frac{p(R / M) * p(M)}{p(R / L) * p(L)} = \frac{1}{80}$$

A vantagem de utilizar as probabilidades relativas é que o parâmetro $p(R)$ deixa de ser necessário.

Para se realizar a análise probabilística de um certo domínio se necessita portanto:

1. Especificar o conjunto de variáveis aleatórias que representam *todas as proposições relevantes* do domínio a modelar;
2. Especificar a matriz de probabilidade conjunta para *todas estas variáveis*⁴⁹. A partir desta matriz de probabilidade conjunta e da regra de Bayes, é possível obter todas as probabilidades condicionais que interessam.

Se o modelo tem n variáveis aleatórias binárias, então a sua matriz de probabilidade conjunta terá 2^n valores. Em geral este número é demasiado grande para que seja prático e computacionalmente aceitável especificar esta matriz. Também se verificou que é muito difícil de se obter esta informação dos especialistas. Para resolver estes problemas, recorre-

⁴⁹ O que "explode", nos casos práticos, o número de combinações a serem tratadas, acabando com a computabilidade do problema.

se a informação *causa / efeito* do domínio a modelar. Esta informação permite deduzir independências entre proposições a partir das relações de causalidade.

Redes Bayesianas

As Redes Bayesianas são tipos específicos das redes de conhecimento. A idéia principal é de que, para se descrever um modelo do mundo real, não é necessário se usar uma enorme tabela de probabilidades conjuntas na qual sejam listadas as probabilidades de todas as combinações possíveis dos eventos. A maioria dos eventos é condicionalmente independente da maioria dos mesmos, portanto as suas interações não precisam ser consideradas. Em vez disso, usa-se uma representação mais local, que descreve os agrupamentos de eventos que realmente interagem, vide em Hruschka [HRU97], maiores explicações sobre este comportamento.

As redes Bayesianas foram desenvolvidas a partir dos anos 70 com o objetivo de modelar o processamento distribuído na compreensão da leitura, onde as expectativas semânticas e as evidências perceptivas deveriam ser combinadas para formar uma interpretação coerente dos textos. A habilidade para coordenar as inferências bidirecionais preencheria uma lacuna na tecnologia de SE no início dos anos 80, e as redes Bayesianas têm emergido desde então como um esquema de representação genérico para o conhecimento incerto, vide em Pearl [PEA88].

Uma rede bayesiana é um Grafo Direcionado Acíclico (DAG)⁵⁰ onde os nós⁵¹ representam as variáveis (de interesse) de um domínio e os arcos representam a dependência condicional ou informativa entre as variáveis (probabilidades condicionais). A força da dependência é representada por probabilidades condicionais que são associadas a cada *cluster*⁵² de nós pai-filho na rede, vide em Pearl [PEA97]. Para se representar que um fato X é independente de um outro fato Y, caso um terceiro fato Z seja conhecido, todos os caminhos do grafo que ligam X e Y devem passar por Z, figura 2.3.

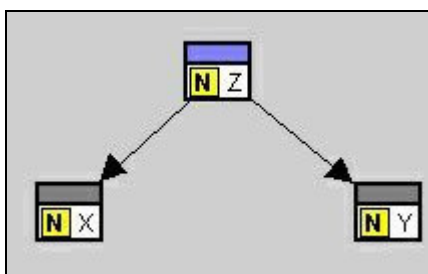


Figura 2.3 - O Nó Z separa X de Y
Fonte: Schreiber [SCH2002].

⁵⁰ Directed Acyclic Graph.

⁵¹ Vide Glossário.

⁵² Idem à anterior.

Assim, se a variável Z é conhecida, então X e Y são independentes para um dado Z . Isto possibilita a redução dos parâmetros numéricos dos nós condicionados que fazem parte da distribuição em análise.

O conhecimento *causa / efeito* de um domínio permite estruturar as suposições de independência condicional. Uma rede de Bayes é um grafo dirigido acíclico tal que:

1. Cada nodo⁵³ representa uma variável aleatória;
2. Um arco dirigido a partir do nodo J até o nodo F significa que J tem influência direta sobre F ; e,
3. Para cada nodo existe uma tabela de probabilidade condicional do nodo dados seus ancestrais imediatos⁵⁴.

Suponha-se que os grafos com que se esteja trabalhando sejam fracamente conectados. Isto significa que ao remover qualquer arco do grafo este se divide em dois.

Por exemplo, suponham-se as seguintes proposições:

J: Enxaqueca

F: Fotofobia

D: Dor de cabeça

além disso, suponha-se que J é uma causa primária e F e D são efeitos de J . Esta informação corresponde a informação estruturada do domínio. A rede de Bayes resultante é expressa pela figura 2.4:

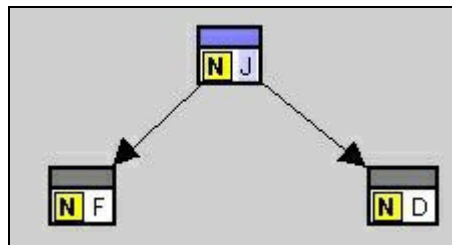


Figura 2.4 - Uma Rede de Bayes simples

Fonte: Schreiber [SCH2002].

Para completar a rede de Bayes se especificam os seguintes parâmetros:

- $p(J) = 0.04$
- $p(D | J) = 0.9$
- $p(D | \neg J) = 0.02$
- $p(F | J) = 0.7$
- $p(F | \neg J) = 0.05$

⁵³ Vide Glossário.

⁵⁴ Base para a discussão das LEG, mas adiante.

As probabilidades que faltam (por ex. $p(\neg D | J)$) se calculam a partir de (II). A rede de Bayes torna explícita a informação estrutural do domínio em estudo. Esta informação estrutural se traduz em certas suposições de *independência condicional*. A suposição de independência condicional básica é a de que as evidências associadas a uma causa comum são independentes se a causa comum se estabeleceu.

No exemplo isto significa que :

- $p(D | J, F) = p(D | J)$

Assim, $p(D | \neg J, F) = p(D | \neg J) = 0.02$.

A partir da rede de Bayes inicial, é possível se calcular as probabilidades *a priori*, utilizando o condicionamento:

- $p(D) = p(D | J) * p(J) + p(D | \neg J) * p(\neg J) = 0.056$
- $p(F) = p(F | J) * p(J) + p(F | \neg J) * p(\neg J) = 0.076$

Uma rede de Bayes permite realizar inferências de diversos tipos. Por exemplo, se o objetivo é fazer um diagnóstico, o que interessa é avaliar a probabilidade de que uma variável aleatória seja verdadeira dada a evidência que está disponível. Pode-se querer avaliar a probabilidade de que ocorra enxaqueca dado que se observou fotofobia. Isto corresponde a calcular $p(J | F)$. Se fotofobia tem evidência positiva para enxaqueca então deveria se verificar que a probabilidade condicional $p(J | F)$ seja maior que a probabilidade *a priori* $p(J)$.

Assim, calcula-se isto da seguinte forma:

$$p(J | F) = \frac{p(F | J) * p(J)}{p(F)} = 0,6316$$

Agora, se além de F também se recebe D como um dado, pode-se calcular:

$$p(J | F \cap D) = \frac{p(F \cap D | J) * p(J)}{p(F \cap D)}$$

Considerando então as hipóteses de independência condicional, o resultado é:

$$p(J | F \cap D) = \frac{p(F | J) * p(D | J) * p(J)}{p(F \cap D)} \quad (\text{X})$$

O cálculo da probabilidade $p(F \cap D)$ é difícil, uma vez que em vez de (X) se escreve:

$$p(J | F \cap D) = \alpha * [p(F | J) * p(D | J) * p(J)] \quad (\text{XI})$$

Onde α representa o denominador de (XI). Se pode obter a constante α assumindo que:

$$p(J / F \cap D) + p(\neg J / F \cap D) = 1 \quad (\text{XII})$$

Deste modo, evita-se o cálculo da probabilidade conjunta dos dados disponíveis.

Finalmente o cálculo resultante é:

- $p(J / F, D) = \alpha * 0.0252$
- $p(\neg J / F, D) = \alpha * 0.00096$

A partir de (XII) se obtém:

- $p(J / F, D) = 0.963$
- $p(\neg J / F, D) = 0.036$

Por que utilizar uma Rede de Bayes?

A partir da regra de Bayes é possível se inferir que em geral:

$$p(V^1, \dots, V^n) = \prod_{i=1}^n p(V^i / V^{i-1} \dots V^1) \quad (\text{XIII})$$

A decomposição dos termos depende então da ordem que se escolhe para ordenar as variáveis. A informação estrutural provida por uma rede de Bayes permite decidir como realizar este ordenamento, de modo a simplificar os termos da relação (XIII).

Assim, uma rede de Bayes representa de forma sucinta a matriz de probabilidade conjunta de todas as variáveis do domínio. Esta matriz pode ser calculada a partir de (XIII) escolhendo a ordem de modo que:

$$p(X_i = x_i, \dots, X_m = x_n) = \prod_{i=1}^n p(X_i = x_i / \text{Pais}(X_i))$$

Onde os X_i são variáveis aleatórias e x_i são valores que estas variáveis podem assumir (verdadeiro ou falso, representadas por variáveis binárias, nos exemplos apresentados neste sub-item). E onde $\text{Pais}(X_i)$ são as variáveis aleatórias das quais dependem os valores dos X_i via probabilidade condicional. Um exemplo seriam as variáveis E e B da figura 2.5, em relação às variáveis R e A .

Suposições de Independência

Anteriormente se mencionou uma das suposições básicas da *independência condicional* entre variáveis aleatórias em uma rede de Bayes. Existem outras suposições de independência que são importantes e que são ilustradas com a rede da figura 2.5, na qual

os nodos representam as seguintes variáveis aleatórias:

- B:** Golpe na cabeça
- E:** Existe tumor cerebral
- R:** *Scanner* positivo
- A:** Síndrome de Gibbons
- W:** Enjôo
- G:** Náusea
- C:** Confusão

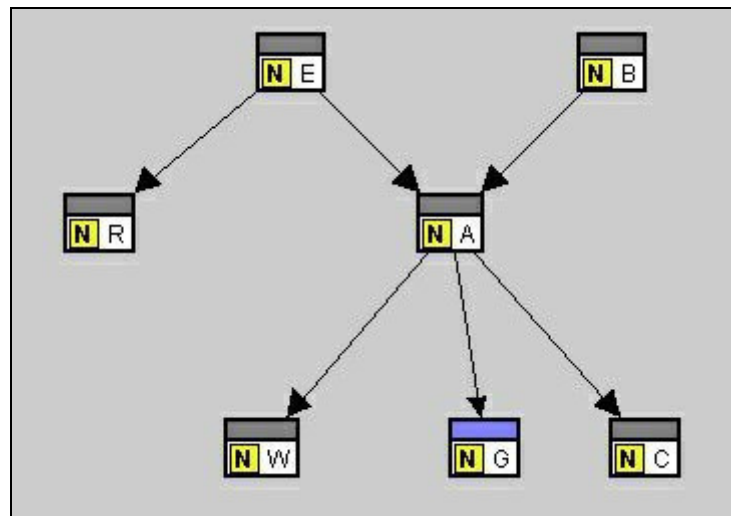


Figura 2.5 - Rede de Bayes

Fonte: Schreiber [SCH2002].

As suposições de independência feitas são:

- a) Dois nodos são independentes condicionalmente dado que os seus antecessores sejam comuns. Por exemplo, R e A são independentes considerando E , ou seja, $p(R / \emptyset \cap A) = p(R / E)$;
- b) Independência incondicional entre causas sem antecessores comuns. A variável E é independente de B , isto quer dizer que $p(E \cap B) = p(E) \times p(B)$; e,
- c) Independência condicional entre causas e evidências dado que se conheça o valor dos nodos intermediários. Por exemplo, se A é conhecido, então W é independente de E . Assim $p(W / A, E) = p(W / A)$.

Redes Bayesianas e Inferência Probabilística

Conforme Schreiber [SCH2002] uma rede Bayesiana, também conhecida como rede de crença ou rede causal probabilística, captura as relações (as quais podem ser *incertas*, *estocásticas* ou *imprecisas*) entre um conjunto de variáveis que são relevantes para algum problema. Essas relações podem ser relevantes por que serão observáveis ou por que seu

valor é necessário para tomar alguma ação ou para relatar algum resultado ou por que elas são intermediárias e ajudam a expressar relacionamentos entre as demais variáveis.

Quando a rede Bayesiana é construída, um nodo (nó) é usado para cada variável escalar, a qual pode ser discreta, continua ou proposicional (verdadeiro ou falso). Os nodos são então conectados com ligações (*links*) direcionados. Se existir um *link* a partir do nodo A até o nodo B, então o nodo A é chamado de "pai" e o nodo B de "filho" (o nodo B pode ser pai de outro nodo).

Schreiber [SCH2002] coloca que:

“Geralmente um link de A para B indica:

- *que A causa B; ou,*
- *que A parcialmente causa ou predispõe B; ou,*
- *que B é uma observação imperfeita de A; ou,*
- *que A e B são funcionalmente relacionados; ou,*
- *que A e B são estatisticamente correlacionados.”*

Finalmente, as relações probabilísticas são fornecidas para cada nodo, as quais expressam probabilidades daquele nodo assumir cada um dos seus valores (alternativas), condicionado aos valores (alternativas selecionadas) dos nodos "pais". Alguns nodos podem ter relações determinísticas, o que significa que o valor de um nodo é dado como função direta dos valores dos nodos "pais".

Depois que a rede Bayesiana está construída, pode ser aplicada a um caso particular. Para cada variável que se conheça o valor (alternativa selecionada), dá-se entrada deste valor em seu respectivo nodo como uma evidência. Efetua-se então a inferência probabilística para encontrar as crenças (ou alternativas mais prováveis) para todas as outras variáveis.

Dependendo da estrutura da rede e quais nodos recebem evidências ou mostram crenças, é possível se calcular valores para diagnóstico, predição, classificação, lógica, cálculos aritméticos ou uma combinação desses para atingir a inferência probabilística. As crenças calculadas são chamadas de probabilidades *a posteriori* (sendo que as probabilidades *a priori* são aquelas existentes antes de qualquer evidência tenha sido apresentada a rede). A inferência probabilística feita se utilizando uma rede Bayesiana é chamada de *atualização de crenças*.

A inferência probabilística resulta somente em um conjunto de crenças para cada nodo, a estrutura da rede em si não é alterada, ou seja, as probabilidades dos links não são

alteradas. Se as evidências que foram dadas como entrada são exemplos verdadeiros, elas poderão dar alguma indicação de casos que serão vistos no futuro, pode-se pensar que elas mudam a base de conhecimento em parte e que na próxima vez que a rede for utilizada, as suas probabilidades condicionais refletirão mais precisamente o mundo real, vide em Pearl [PEA97].

Terminologia e Notação para os Nodos da Rede Bayesiana da Aplicação

Segundo Schreiber [SCH2002], “*As redes Bayesianas são formadas – com relação às variáveis que a compõe - por uma parte estrutural (qualitativa) e por uma parte quantitativa*”. A parte qualitativa é um modelo gráfico (grafo acíclico direcionado) onde as variáveis são os nós do grafo. Além dos nós, a parte qualitativa inclui as regras, que são as relações de dependência entre variáveis, representadas pelos arcos direcionados. A parte quantitativa de uma rede bayesiana é o conjunto de probabilidades condicionais associadas aos arcos existentes no modelo gráfico e as probabilidades estimadas *a priori* das hipóteses diagnósticas, ou seja, das alternativas das variáveis.

Estando definida a topologia da rede, basta então especificar as probabilidades condicionais para os nodos que possuem dependências diretas entre si e utilizá-las para computar qualquer outro valor de probabilidade.

O conhecimento do domínio de aplicação, oriundo de um ou mais especialistas, é transferido para o engenheiro do sistema, gerando a rede Bayesiana, conforme Nassar [NAS2000]. Portanto, o *expertise*⁵⁵ do especialista é responsável, normalmente, pela definição de ambas as partes da rede Bayesiana.

A vantagem da representação em rede é que permite para o especialista expressar diretamente a relação qualitativa (estrutural) de "dependência direta" entre as variáveis que compõem o domínio. O raciocínio causal minimiza o número de relações que precisam ser consideradas na construção do modelo.

2.6 Definição de Sistemas Especialistas Probabilísticos – SEP

Um SEP é assim denominado, quando uma Base de Conhecimentos pode ser representada por uma distribuição de probabilidades⁵⁶. Esta distribuição compõe um conjunto de objetos (Alberto, Maria,...), caracterizados por variáveis (sexo, idade,...) e seus respectivos atributos ou alternativas (masculino, feminino e faixa de idades). Entre as variáveis podem ser estabelecidas relações de (in)dependência estocástica em função dos

⁵⁵ Vide Glossário.

⁵⁶ Normalmente hiperdimensional, em outras palavras, uma rede.

seus atributos, através da formulação de regras de produção do tipo SE...ENTÃO, que podem ser condicionais ou não. O sistema opera então com base num tratamento matemático de distribuições marginais sobre o produto cartesiano de todos os atributos, e tanto os fatos (probabilidades incondicionais *à priori*) como as regras (probabilidades condicionais *à priori*), estabelecem as condições iniciais a partir das quais uma distribuição de probabilidade conjunta é processada, vide no site da ferramenta SPIRIT [SPIxx].

Desta forma os SEP são classificados como programas computacionais inteligentes, que podem atuar numa área específica, ajudando e até substituindo o trabalho de um especialista na impossibilidade da presença do mesmo. Os SEP utilizam os conhecimentos de áreas e estratégias de solução de problemas transmitidos por um especialista. Assim os conhecimentos especializados e as descobertas dos melhores especialistas de uma área podem ser concentrados e disponibilizados para uso e benefício geral.

A principal vantagem de um SEP é o tratamento da *incerteza* na ocorrência dos conhecimentos, ou o tratamento objetivo do fenómeno randômico, vide Azevedo, Brasil e Oliveira [AZE2000], que podem ou não ocorrerem, conforme o conhecimento previamente adquirido das suas distribuições de probabilidade.

Conforme Wilhelm [WIL97] “a *lógica clássica na sua mais restrita forma, considera uma proposição apenas como verdadeira ou falsa, o que limita severamente o tratamento de valores intermediários, muito comuns e necessários no trato do conhecimento subjetivo*”. Exemplo: a proposição *um pássaro **pode** voar* pode ser considerada verdadeira, apesar dos pingüins não voarem. Mas no sentido lógico estrito, a proposição é falsa.

Nos SEP a base de conhecimentos é representada de forma probabilística e envolve a definição de variáveis, em geral *discretas*, i.e., é possível definir uma variável chamada “Capacidade Produtiva” a qual poderia assumir os estados: diminuir, manter ou aumentar. À cada um destes estados é associada uma probabilidade *à priori* de 33,33%, ou seja, supõe-se que os três estados possíveis da variável, na falta de maiores informações, são equiprováveis. As regras envolvem relações entre estados das variáveis e uma probabilidade de ocorrência.

Assim a variável Capacidade Produtiva pode estar relacionada com uma variável Perspectivas a qual por sua vez poderia assumir os seguintes dois estados: boa ou ruim. Comparativamente ao uso de lógica *fuzzy* não se está preocupado com a precisão ou grau de certeza associado à classificação de um evento entre os dois estados, que por serem mutuamente exclusivos⁵⁷ a nível de ocorrência já dificultariam o uso de qualificadores *fuzzy*

⁵⁷ Neste caso, para fins de simplificação.

normais. Ou seja, por não permitirem a ocorrência de uma perspectiva boa e ruim simultaneamente recomendam o uso da lógica clássica (ou *crisp* ou *fuzzy* booleana⁵⁸).

2.6.1 Por quê utilizar Sistemas Especialistas Probabilísticos em um Jogo de Empresas?

Desde o início do uso de SE já se utilizavam motores "probabilísticos". O 1º SE de uso real, o MYCIN (que realizava diagnósticos médicos), era baseado em regras com "probabilidade" de ocorrência⁵⁹ do tipo:

*Se SINTOMAS = (FEBRE, VÔMITO, DIARREIA) E IDADE_PACIENTE = (0_À_10_ANOS)
ENTÃO DOENÇA = DESIDRATAÇÃO [PROB. REGRA = 65%]*

Desta forma se chega a conclusão de que não se está tão fora do que se espera de um SE tradicional, com um mecanismo probabilístico melhorado em anexo.

O motivo que indica esta classe de SE é o fato de que se lida com a "*incerteza*". Quando se diz "*incerteza*" refere-se ao fato de que apesar de haverem diversas aplicações com suas jogadas, não existe ainda uma maneira confiável de se obter uma análise dos objetivos e da estratégia, bem como da "previsibilidade" de quais seqüências de ações irão obter o resultado esperado de outra forma que não seja a das séries estatísticas. Pelo que se verificou, uma abordagem estatística (resultados de diversas aplicações) e probabilística (probabilidades das decisões mais resultados conhecidos) pode resolver de forma satisfatória o problema de criar um SSD para JE.

Não se deve esquecer que se está atuando sobre um jogo, que como na vida real, possui diversos "atores" diferentes, cada um com um comportamento e "visão" próprios da aplicação, agindo e reagindo de maneiras diversas e "imprevisíveis", sem uma análise estatística que permita definir o comportamento mais comum ou esperado em situações complexas semelhantes. Desta maneira se quer que o SE reaja da maneira mais "previsível" para atingir o objetivo do jogo.

Isto gera situações curiosas, em que as decisões computadas são contrárias ao que o senso "comum" de diversos especialistas recomendariam, sem uma análise mais profunda de fatores "escondidos" sob os números considerados para a tomada de decisão. Ou seja, normalmente uma certa combinação de fatores "deveria" ser tratada de uma maneira, mas outros fatores "escondidos", que normalmente não são considerados por baixa ocorrência

⁵⁸ Nossa preferência de nome para o conjunto clássico.

⁵⁹ As probabilidades eram utilizadas pela heurística dos SE para determinar a ordenação das regras (qual era testada primeira) até se atingir uma função objetivo.

ou influência em situações normais, encontram-se em uma situação de exceção, que recomenda a ação sugerida pelo SE.

Estes fatores “escondidos” normalmente são de tal ordem subjetivos ou específicos para cada caso, que mesmo com o uso de outras técnicas (e.g. *fuzzy*) o especialista não se lembra de colocá-las no sistema, além de serem de difícil expressão⁶⁰ na base de conhecimento do sistema.

A maneira usual para tais eventos serem tratados é através de uma análise estatística quanto a sua ocorrência e posterior tratamento por generalização, uma vez que são exceções que ocorrem sob combinações específicas das variáveis analisadas. Uma solução “geral” para estes casos, mesmo que não seja a ideal caso-a-caso, normalmente resolve satisfatoriamente por retirá-la desta posição na jogada seguinte.

Ainda existe o problema da explosão combinatória das regras. Em SE convencionais e *fuzzy* quanto maior o volume de variáveis, maior o n.^o esperado de regras que devem ser supridas. Normalmente, para sistemas como o que se desenvolveu, estas regras “*devem ser*” bidirecionais, ou seja, a análise realizada pelo motor de inferência das regras deve permitir que se avance das premissas às conclusões e, se necessário, das conclusões se possa voltar às premissas. Como não se tem a “*certeza*” como base deste sistema o uso de motores de inferência convencionais forçaria à inclusão de um volume de pelo menos o dobro de regras, um conjunto *premissas*→*conclusões*, outro *conclusões*→*premissas*, com as suas respectivas probabilidades, permitindo então que o mesmo pudesse responder a questões do tipo:

"Em um dado questionário de avaliação de perfis⁶¹ para contratação de empregados alguém respondeu x para a pergunta A e y para a pergunta B, a probabilidade de que seja o tipo Z é de w%"; mas se quiser-se ter certeza de que o tipo seja Z com probabilidade de 100% (para fins de seleção, etc.) então ainda se fariam as perguntas A e B? E quais seriam as respostas que se gostaria que fossem dadas (deveriam ser dadas)? Será que ainda seriam x e y, ou as melhores não seriam agora k e j ou l⁶²?

Desta forma se tem um conjunto muito grande de regras (combinação *n* questões por *m* respostas por *o* tipos por *y* características desejadas ou esperadas), de forma que um

⁶⁰ Explicação dada pelos especialistas à regra e a razão para a criação da mesma.

⁶¹ A maioria dos sistemas de avaliação de perfis se baseiam em análises estatísticas de questionários, e.g.: MBTI – Myers-Briggs Type Indicator (Indicador de Tipo Myers-Briggs) [MYE85 e MYE87] e Multipolaridade Cerebral, de Miranda [MIR97].

⁶² Pode ocorrer empate, ou sejam, 1 de 2 respostas geram ou tem o mesmo efeito no sistema.

sistema tradicional ficava virtualmente inviável para as limitações de tempo e recursos desta tese.

No caso de SE neuronais poder-se-iam empregá-los se não fossem duas dificuldades:

- o custo computacional na reconstrução da rede interna do sistema para cada mudança ou acréscimo de informação (jogadas, aplicações e variáveis analisadas). Não que o seu uso seja impossível, mas o modelo de redes neuronais não é adequado quando o que se busca não é o crescimento do conhecimento⁶³ para uma situação totalmente nova, que deve ser feita baseada no conhecimento existente e no método de tentativa e erro. Aqui as decisões possíveis não mudam, o que pode ocorrer é uma mudança na distribuição das jogadas, o que a princípio exigiria somente o recálculo das probabilidades das regras para as jogadas, deixando todo o resto igual, e;
- a falta de um mecanismo de explicação do por quê da obtenção dos resultados. Como são baseados em um sistema de “caixa preta”, em que camadas de neurônios escondidos são aplicados ao processo de aprendizagem e decisão, os sistemas neuronais mostram-se extremamente complexos para que sejam criadas ferramentas de explicação das decisões tomadas. Tão complexas que acabaria-se criando um outro sistema, quer de regras de produção, probabilístico ou fuzzy, para explicar-se os resultados.

Utilizar um SE *Fuzzy*? Não parece o caso. Toda a construção do modelo *Fuzzy* ou Difuso é melhor aplicada no *grau ou crença na possibilidade de classificação* de um evento, não se prendendo ao “detalhe” de qual é sua probabilidade conhecida ou esperada de ocorrência.

Exemplo: "Digamos que alguém esteja levantando o perfil de candidatos ao cargo de digitador, quais as características que são mais importantes? Quais as respostas que um candidato deve dar para ter a possibilidade de vir a ser um bom digitador? Qual é a possibilidade do candidato que tenha um perfil diferente do esperado seja ainda assim um excelente profissional, ou quem sabe melhor?"

Mais informações, mais regras a serem previstas, mais tempo e CPU necessárias, sem responder as perguntas: "Será que tal sofisticação é necessária? Gera resultados tão

⁶³ Anexar novos problemas e/ou soluções.

superiores aos outros que valha a pena investir neste modelo?" Muitas perguntas, poucas respostas, nenhuma "certeza".

Outras categorias de SE? Não é de conhecimento deste autor de outras linhas de pesquisa que divirjam destes 4 grandes (Regras, Probabilísticos, Neurais e Fuzzy), todos são uma coleção de variações sobre estas 4 linhas, combinando-as de maneiras diversas.

Resta portanto uma análise das vantagens que os SEP possuem para uso neste sistema proposto:

- Quanto à manipulação da "incerteza ⁶⁴", os SEP podem apresentar divergências, mas serão originadas por problemas na definição de variáveis e tamanhos de amostras, que podem gerar erros na escolha pelo motor de probabilidade da melhor resposta.
- Quanto à explosão de regras, os SEP lidam melhor com isto pois, como são baseados em sua maioria nas teorias bayesianas, tendem a pressupor um estado neutro⁶⁵, que só é modificado se houverem regras que tratem desta mudança.

Isto significa que se não houvesse uma maneira de se definirem todas as regras do sistema, o sistema mesmo assim funcionaria⁶⁶, o que é o objetivo final.

2.6.2 O que é SPIRIT?

SPIRIT é uma rede de inferência, no qual afirmações ou fatos são representados juntamente com as ligações entre estes, ou seja, um *shell* para o desenvolvimento de sistemas especialistas. O seu principal objetivo é permitir uma abordagem mais racional com relação a problemas específicos. As ligações lógicas são obtidas através de distribuições de probabilidade de ocorrências dos *tokens*⁶⁷.

⁶⁴ Novamente frisa-se, a incerteza é sobre a relativa "imprevisibilidade sobre o que" vai ou deve ocorrer, não sobre o "grau ou crença na classificação" das alternativas.

⁶⁵ Onde a probabilidade de cada estado da variável é igual a 100% dividido pelo número de estados prováveis em cada variável, são equiprováveis (distribuição uniforme).

⁶⁶ Ocorrerá uma perda na qualidade ou exatidão das respostas, mas mesmo assim aceitável na maioria dos casos em que não se desviarem muito da moda e da média de ocorrência dos eventos estudados, contidos na base de conhecimento.

⁶⁷ Vide Glossário.

Segundo Rödder e Kern-Isberner citados por Kopittke, Wilhelm e Lopes [KOP93], o SPIRIT tem seus fundamentos baseados na lógica e inferência probabilística, e o seguinte significado é por eles apresentado para a denominação SPIRIT:

- *Symmetrical*: a inferência no sistema pode ser realizada nos dois sentidos - da premissa para a conclusão e vice-versa.
- *Probabilistic*: a verbalização e os prognósticos tomam como base a distribuição marginal de probabilidades;
- *Intensional*: a probabilidade dos fatos e regras que formam a estrutura de dependências entre as variáveis pode ser aprendida e modificada através de observações no mundo real;
- *Reasoning*: raciocínio lógico;
- *Inference Networks*: inferência é efetivada a partir da transformação de um grafo numa árvore de decisão; e,
- *Transition*: variáveis e suas relações podem estar em contínua mudança e de acordo com um processo denominado de instanciamento de variáveis (ou crenças), i.e., informando o estado em que se encontra um determinado atributo de uma ou mais variáveis.

O aproveitamento adequado do SPIRIT está relacionado diretamente com a modelagem do sistema, i.e., com a definição das variáveis, seus atributos e a estrutura de dependências. A medida que é ampliado o número de atributos de cada variável, aumentam de forma geométrica as possibilidades, o que implica um aumento do número de regras na mesma proporção.

As distribuições de probabilidades são obtidas ou estimadas a partir de observações sobre a ocorrência ou estimadas a partir de observações dos fatos. Para isto o Princípio de Bayes é associado a um mecanismo de envelhecimento; informações mais velhas tem um peso menor que as mais novas⁶⁸.

SPIRIT foi divulgado pela primeira vez no Brasil em 1993 por Kopittke [KOP93], foi desenvolvido pela equipe do Prof. Dr. W. Rödder na FernUniversität de Hagen - Alemanha. Possui três versões: 1.0 para o ambiente MS-Windows 3.XX, 2.0 e 3.0 para o sistema operacional MS-Windows 95 e superiores (versões 1 e 2 ainda disponíveis para download, mesmo não sofrendo novos desenvolvimentos), figuras 2.6, 7 e 8.

⁶⁸ Alpha-Learning, que será tratado no decorrer do texto.

A *shell* SPIRIT realiza uma conveniente representação do conhecimento sob incerteza pois:

"... é capaz de processar, tanto as distribuições de frequências obtidas a partir de levantamentos estatísticos, como os conhecimentos subjetivos do especialista, manipulando as regras através de heurísticas. Pertence a classe dos sistemas de aprendizagem ativa e indutiva, pois a partir de informações do especialista são realizadas transformações na estrutura da base de conhecimentos.

Também relações indiretas, i.e., não diretamente observadas, são obtidas através de cálculos transitivos (propagação). A principal aptidão do sistema é estabelecer conclusões lógicas, no sentido de predicado lógico, a partir de uma dada distribuição de probabilidade conjunta." vide Rödder e Meyer [ROD92].

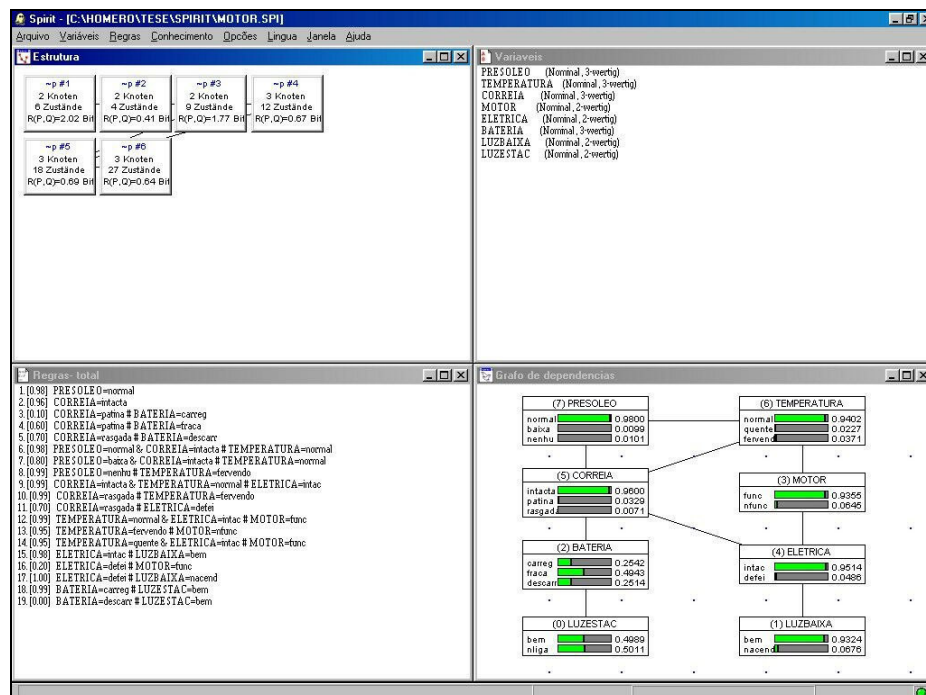


Figura 2.6 - Versão 1.0 do SPIRIT

Utiliza-se nesta tese a versão mais recente do SPIRIT, que é a da série 3.X em desenvolvimento baseada na linguagem JAVA, inicialmente na versão 0.68.

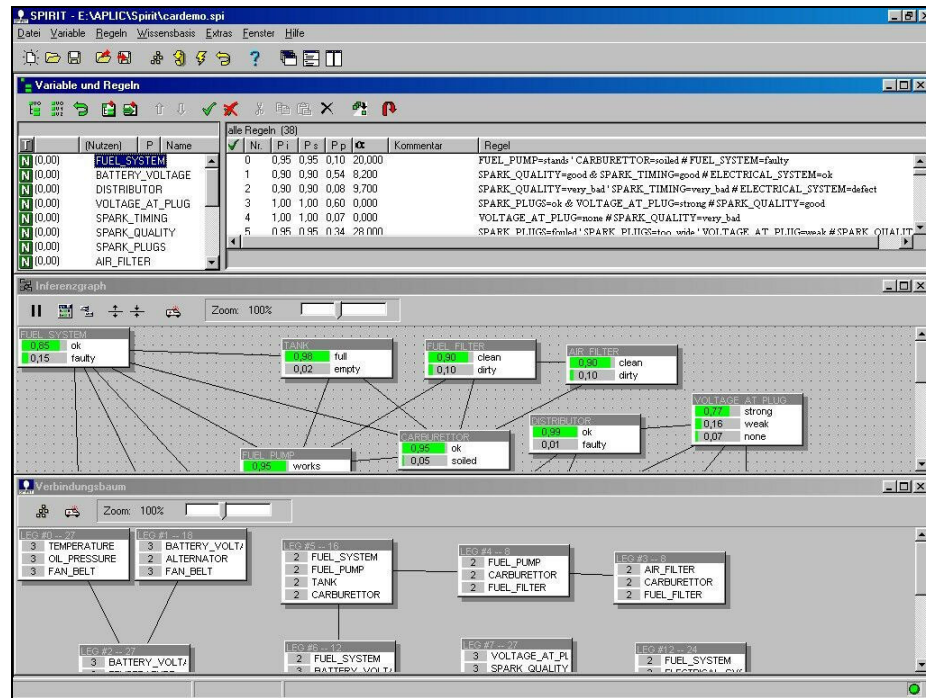


Figura 2.7 - Versão 2.0 do SPIRIT

O SPIRIT possui interface gráfica associada ao motor de inferência probabilística, permitindo a visualização das regras de probabilidades do sistema, bem como de suas variáveis e estrutura de regras.

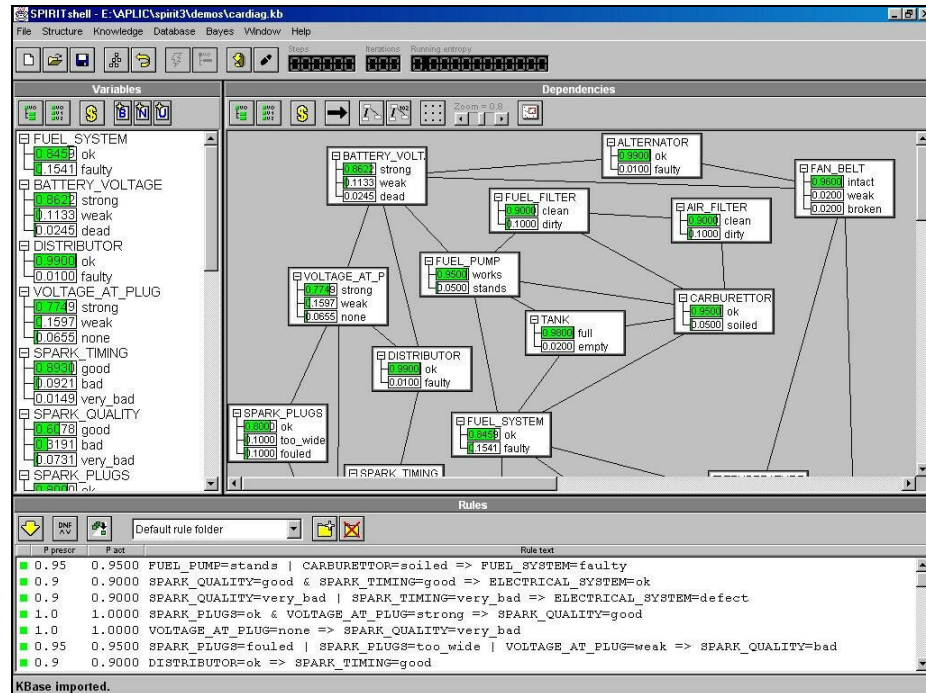


Figura 2.8 - Versão 3.0 em JAVA do SPIRIT

A versão 1.0 é multi-lingual (recurso não disponível, das versões 2.0 em diante), ou seja, permite o uso da *shell* em 3 línguas: Alemão, Inglês e Português; o que facilita

sobremaneira o treinamento e o uso posterior por um usuário menos técnico⁶⁹. A ferramenta SPIRIT permite também a definição de variáveis do tipo Lógico, Nominal, Ordinal ou Cardinal⁷⁰.

Características do sistema SPIRIT

Duas dificuldades comuns no caso das bases de conhecimento probabilísticas são o problema do espaço de armazenagem e do tempo de cálculo, que crescem exponencialmente, em função do tamanho do conjunto de variáveis n . Uma saída encontrada para este problema é processar, calcular e armazenar apenas as distribuições marginais de grupos de variáveis que tem forte dependência, chamados de *Local Event Groups* (LEG). Além disso, a modificação da distribuição marginal - de um LEG - permite que a informação se propague por toda a árvore de dependências, sem que o conhecimento da distribuição global seja necessário, vide em Rödder e Meyer [ROD92].

Existem muitas distribuições conjuntas possíveis e compatíveis com uma dada base de fatos e regras⁷¹. Pode-se portanto escolher uma distribuição em particular, que através de um critério apropriado, permanece estável, mesmo quando são introduzidas novas informações. O fundamento desta metodologia é baseado no que se denomina na literatura como o princípio da *máxima entropia*, vide Herskovits e Cooper [HER91].

Os principais elementos que caracterizam a *shell* SPIRIT são os seguintes:

- abordagem bayesiana da distribuição de probabilidades condicionadas;
- interpretação lógica das distribuições de probabilidades;
- construção de uma distribuição marginal de probabilidades, a partir de *fatos e regras*;
- uso do conceito de variáveis com atributos discretos (lógicos, nominais, ordinais ou cardinais);
- uso do conceito de agrupamento “*local*” de variáveis (LEG), que torna possível o cálculo local de distribuições globais;
- uso do princípio da *máxima entropia*, que serve como unidade de medida para avaliar o nível médio de informação de uma distribuição conjunta de probabilidades (medido em Bit).

⁶⁹ As versões 2.XX em diante basicamente sofreram refinamentos na interface para o padrão MS-Windows 9X / NT 4.X, bem como melhorias em suas ferramentas de aprendizagem.

⁷⁰ Na versão 2 se restringiu para Lógico (Binário: Sim / Não) e Nominal, que consegue abranger de forma satisfatória a retirada dos outros dois tipos. Já a versão 3 reapresenta o tipo Cardinal (ou Numérico), além de outros avanços menos importantes para o uso no SEPADO.

⁷¹ Conforme colocado no sub-item 2.5.2 tópico “Por que utilizar uma rede de Bayes ?”.

Deve-se notar que *fatos e regras* (in)certos podem ser aprendidos por uma base de conhecimentos; uma forma adicional de aquisição de conhecimentos que ocorre através do aproveitamento de informações, considerando um estado específico que um atributo de uma variável pode apresentar - também chamado de *instanciamento*. Num primeiro momento, o instanciamento modifica geralmente a distribuição marginal primária (aprendizagem direta). Posteriormente, é processada uma nova distribuição global sobre esta base modificada (aprendizagem indireta por meio de propagação).

Uma representação funcional da shell SPIRIT é dada pela figura 2.9. Por DIAGNOSE entende-se a forma da modificação temporária da base de conhecimentos, iniciada a partir da aceitação hipotética de um atributo de uma variável, i.e., *instanciamento*. A partir da estrutura de relações entre as variáveis da base de conhecimentos, podem ser obtidas então conclusões retroativas, através das probabilidades associadas às variáveis *não instanciadas*⁷². Esta modificação na base é realizada através de um processo de valoração por propagação.

Variável Nominal e Variável Ordinal

A figura 2.10 apresenta, na parte de cima à direita, as variáveis e na parte de baixo à esquerda 19 fatos e regras do sistema especialista MOTOR⁷³. Além de variáveis nominais, como neste exemplo, é possível também utilizar em SPIRIT variáveis ordinais como por exemplo “idade”, “porcentagem”, etc.

Expressões Lógicas

Expressões lógicas são expressas por operadores \wedge (e), \vee (ou), \neg (não) e \Rightarrow (então). Para as expressões elementares (linhas 1 e 2 da figura 2.10) ou fatos utiliza-se a seguinte forma:

$$\text{VARIÁVEL} = \text{atributo}$$

Os 19 fatos e regras do exemplo⁷⁴ representam parte do conhecimento técnico das relações entre os atributos ou do estado do sistema técnico automóvel.

Tanto o número de variáveis como o de regras são basicamente ilimitados em SPIRIT, exceto por limitações de hardware e do ambiente do sistema operacional. Alguns cuidados, entretanto, devem ser tomados como é mostrado a seguir.

⁷² Alteradas pelo usuário do sistema.

⁷³ Exemplo extraído do capítulo 2 de Rödder, Kopittke e Kulmann [ROD97].

⁷⁴ Idem à anterior.

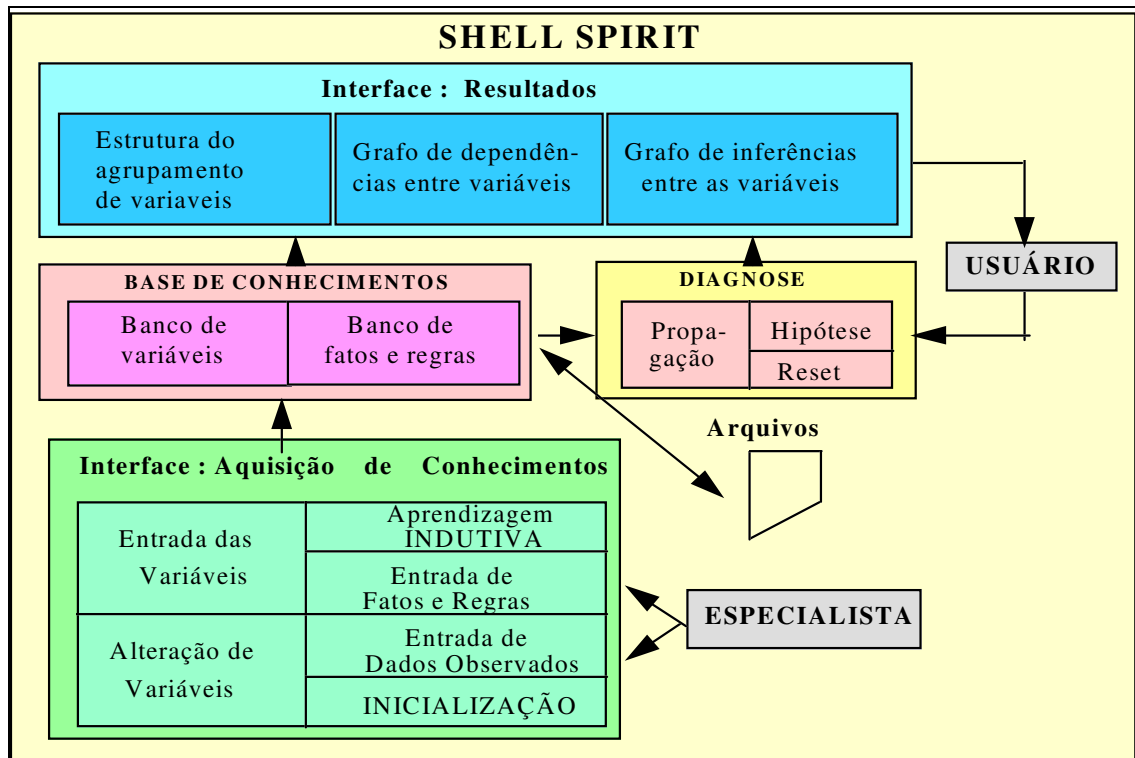


Figura 2.9 - Estrutura da Shell SPIRIT

Fonte: Wilhelm [WIL97].

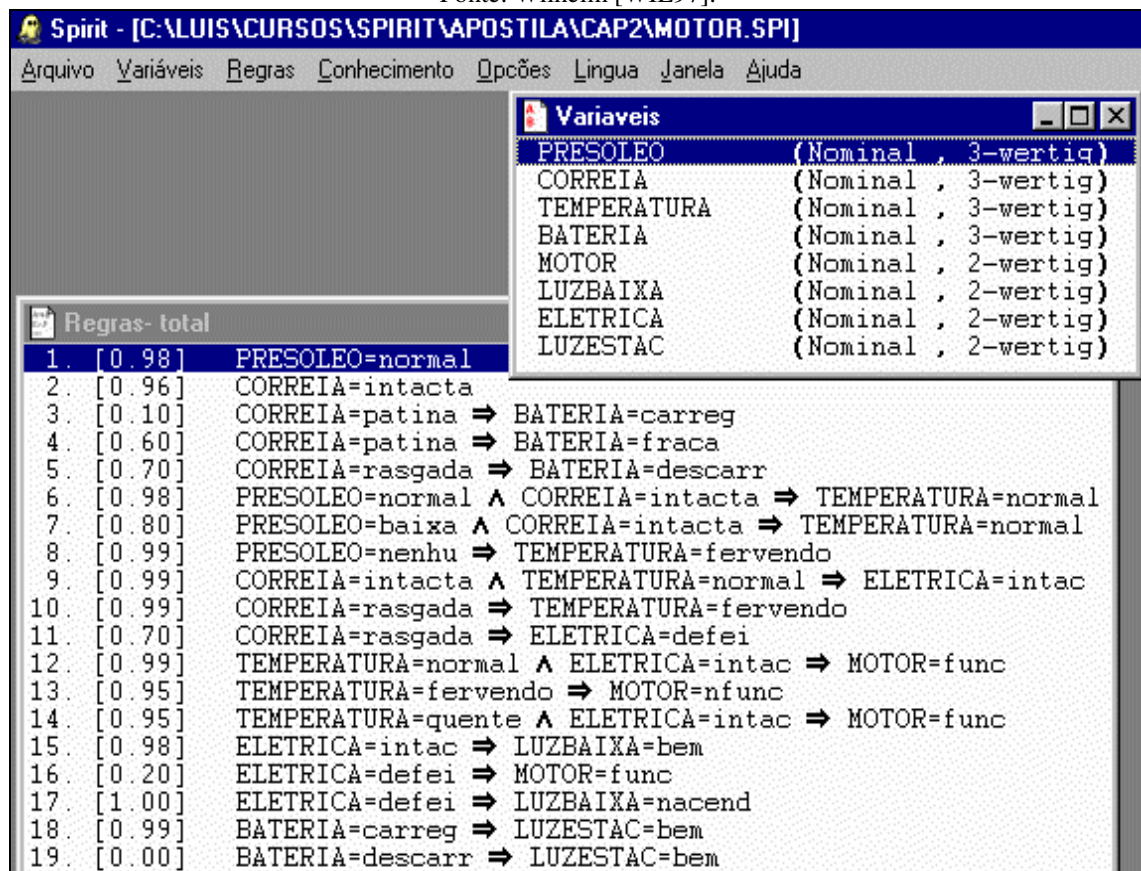


Figura 2.10 - Aquisição de conhecimentos no exemplo MOTOR criado na versão 1.0 de SPIRIT.

Fonte: Rödder, Kopittke e Kulmann [ROD97].

O Princípio de Máxima Entropia

A principal diferença entre a ferramenta SPIRIT e os outros geradores de SE clássicos e fuzzy consiste nas suas respectivas filosofias de processamento de regras. Enquanto os sistemas clássicos e fuzzy concluem diretamente das regras por operadores extensionais ⁷⁵ (e.g. *Fuzzy-Min* ou *Fuzzy-Max*), SPIRIT interpreta fatos e regras intencionalmente como distribuições marginais.

O mecanismo de entropia do SPIRIT, vide Rödder, Kopittke e Kulmann [ROD97], reconstrói a mais provável distribuição de probabilidade conjunta das regras, baseado na combinação ótima destas regras entre si⁷⁶.

Um exemplo⁷⁷ ajuda a explicar a idéia: Considere-se duas variáveis binárias *SEXO* e *NEUROSE* com atributos $\{m, f\}$ e $\{y, n\}$, respectivamente.

O conjunto \mathfrak{R} de regras e fatos é:

- $p(\text{SEXO} = f \mid \text{NEUROSE} = y) = 0.9$
- $p(\text{SEXO} = m) = 0.5$

Uma vez que \mathfrak{R} define um *sistema de equações lineares*. A solução possível $\Pi(\mathfrak{R})$ é qualquer distribuição que satisfaça:

- $p_4 = 0.9 (p_2 + p_4)$
- $p_1 + p_2 = 0.5$
- $p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 1$
- $p_i \geq 0, i = 1 \dots 4$

O índice i caracteriza as quatro configurações no lado esquerdo da tabela 2.1, o conjunto de possíveis soluções é mostrado à direita.

Tabela 2.1 – Tabela do exemplo

SEXO	NEUROSE	p		SEXO	NEUROSE	P
m	N	$p_1 = ?$	Fatos + Regras =>	m	N	$p_1 = 0.5 - p_2$
m	Y	$p_2 = ?$		m	Y	p_2
f	N	$p_3 = ?$		f	N	$p_3 = 0.5 - 9p_2$
f	Y	$p_4 = ?$		f	Y	$p_4 = 9p_2$

Fonte: Disponível em <http://www.xspirit.de>, consultado em 11/12/2002.

⁷⁵ Neste caso, servindo como extensão ao modo de operação dos sistemas de regras de produção. Vide glossário.

⁷⁶ Esta combinação pode resultar em probabilidades que divergem da realidade, mas mesmo assim o resultado (estado de uma variável) estará correto (a probabilidade de ocorrência deste estado não).

⁷⁷ Extraído e adaptado do site de SPIRIT [SPIXX], consultado em 11/12/2002, e de artigo de Meyer, Kern-Isberner e Rödder [MEY96].

O lado direito da tabela 2.1 fornece duas informações importantes:

1. o conjunto de regras é consistente, existe pelo menos uma distribuição que satisfaz o sistema R ;
2. para $0 \leq p_2 \leq 1/18$ o parâmetro é livre, não existe solução única.

A construção simplificada das possíveis distribuições de probabilidade contém vários problemas:

1. o n.º de probabilidades (número de linhas necessárias para todas as possibilidades da coluna p) cresce exponencialmente com o n.º de variáveis V_i . Somente 20 variáveis binárias exigem $2^{20} = 1.048.576$ probabilidades;
2. o cálculo de uma probabilidade condicional simples $p(V_1=v_1 / V_2=v_2)$ precisa de um número exponencialmente crescente de adições para os itens marginais, e;
3. como $\prod(\mathfrak{R})$ ⁷⁸ em geral contém mais de um elemento, uma pergunta importante é qual p^* (vide)⁷⁹ é a representação correta da informação em \mathfrak{R} .

"A forma de minimizar estes problemas reside na formulação de uma representação precisa sobre a configuração da árvore decisória", conforme Whittaker [WHI90], no sentido de reunir em grupos as variáveis que mantêm relação direta entre si e estabelecer um adequado encadeamento dos agrupamentos (LEG)⁸⁰. Em princípio, quanto menor o número de relacionamentos de uma variável com as demais, sem perda de informação, mais eficaz tende a ser a representação do conhecimento e o desempenho do sistema.

SPIRIT resolve os problemas em 1. e 2. por uma decomposição adequada da distribuição marginal conjunta (explicação sobre este mecanismo encontra-se em Meyer e Rödder [MEY92], além de Hájek, Havránek e Jirousek [HAJ92]). As explicações no próximo tópico tratam do problema do ponto 3..

Probabilidade e Informação

Sejam duas distribuições determinadas $P(X)$ e $P_0(X)$ sendo X uma variável aleatória n-dimensional com x representando seus atributos. A *entropia relativa* de $P(X)$ com respeito a $P_0(X)$ é definida como:

$$R(P, P_0) = \sum_{x \in X} p(x) \log \left(\frac{p(x)}{p_0(x)} \right)$$

⁷⁸ Vide o início do exemplo.

⁷⁹ Conjunto de probabilidades p , ou distribuição linear, que definem \mathfrak{R} .

⁸⁰ Distribuições marginais de grupos de variáveis que tem forte dependência, os chamados *Local Event Groups* (LEG), vide Rödder, Kopittke e Kulmann [ROD97].

Se P_0 é uma distribuição uniforme, $R(P, P_0)$ é igual ao sistema $H(P)$, definido como:

$$H(P) = -\sum_{x \in X} p(x) \log p(x)$$

e é chamado de *Entropia de P*. A Entropia aqui é medida em [Bit], uma vez que o logaritmo escolhido para uso em SPIRIT é da base dois. A Entropia pode ser considerada como a média *esperada* de informação que se obteria caso se pudesse ser realizada uma série de tentativas (teoricamente um número infinito) de se obter um valor x para a variável X .

A função $H(P)$ atende intuitivamente varias situações diferentes. Por exemplo, um conjunto aleatório de tentativas não gera qualquer informação nova caso já se saiba antecipadamente a distribuição dos atributos, i.e., $p(x) = 1$ para qualquer x ⁸¹. Por outro lado a informação média obtida desta mesma série aleatória se torna máxima caso todos os resultados sejam igualmente prováveis (P é a distribuição uniforme), i.e., $p(x) = \text{constante}$ para qualquer x . No caso de P ser desconhecido e só determinável por um sistema linear $\prod(\mathfrak{R})$, o *Princípio de Máxima Entropia* garante uma melhor estimacão de p_i ⁸². Shore e Johnson [SHO80] deram uma interpretação axiomática não trivial para esta "*melhor estimacão*". Este princípio define que a escolha da melhor dentre todas as distribuições possíveis é um problema de otimização não linear que deve ser resolvido com o uso da seguinte função:

$$\max_P \{H(P) \mid P \in \prod(\mathfrak{R})\} \quad (\text{MAXENT})$$

O *Princípio de Máxima Entropia* (MAXENT) pode ser caracterizado com um exemplo simples. Seja um conjunto solução não vazio (MAXENT); existem fatores $\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n$, de maneira que a função de probabilidade P^* define a solução ótima válida, sendo:

$$p_i^* = \alpha_0 \prod_{j=1}^n \alpha_j^{a_{ij}}, \text{ para qualquer configuração de } i,$$

onde a_{ij} são os coeficientes definidos em $\prod(\mathfrak{R})$. A prova curta desta função é a seguinte.

A função de maximização (MAXENT) existe devido a concavidade severa da função objetivo e pela condição de se buscar uma solução única para a função linear. Segundo as condições de Kuhn-Tucker define-se a existência de parâmetros positivos de Lagrange $\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_n$, com:

$$\log p_i^* + 1 - \lambda_0 - \sum_{j=1}^n \lambda_j a_{ij} = 0 \Leftrightarrow p_i^* = e^{(-1 + \lambda_0 + a_{i1}\lambda_1 + \dots + a_{in}\lambda_n)}, \text{ para todo } i,$$

⁸¹ Informação das probabilidades já conhecida à priori.

⁸² Conjunto de probabilidades do sistema de equações lineares $\prod(\mathfrak{R})$.

onde p^* preenche todas as condições adicionais. Sendo que tanto em $\alpha_0 := e^{(-1+\lambda_0)}$ quanto em $\alpha_j := e^{\lambda_j}$ surge a representação desejada.

Para fazer isto SPIRIT realiza o assim chamado Escalonamento Proporcional Iterativo (IPS)⁸³, transformando a distribuição passo a passo, conforme definido por Csiszár [CSI75]. O IPS começa com a distribuição uniforme e aplica regra após regra. A aplicação de uma regra em cada variável segue o *Princípio de Entropia Relativa Mínima* (ou Divergência Dirigida), vide em Rödder [ROD94].

Colocado de outra maneira. Tome-se o seguinte exemplo.

Duas variáveis A e B , sendo A composta pelas alternativas a_1 e a_2 e B por b_1 , b_2 e b_3 ; e que se conheça *a priori* que $p(a_1) = 60\%$ e $p(b_1 | a_2) = 90\%$ e que se gostaria de gerar uma distribuição amostral de teste em laboratório.

Como se resolveria esta problema ?

Inicialmente a definição de $p(a_2)$ é trivial, sendo $p(a_2) = 1 - p(a_1) = 1 - 0.6 = 0.4$ ou 40% de probabilidade *a priori* da alternativa a_2 ocorrer; dado que não se tenha qualquer outra informação. E quanto às probabilidades de B e as correlações entre A e B ?

Tendo as probabilidades de A definidas, e a relação probabilística (correlação) entre a_2 e b_1 definida, o trabalho de se gerar uma amostra por computador será o de se gerar randomicamente⁸⁴ os valores (a, b) tendo por base estas restrições:

- dos valores de A 60 % seriam de a_1 e os 40 % restantes de a_2 ; ou seja, se $rand()^{85} < 0.6$ então $A = a_1$ senão $A = a_2$;
- caso $A = a_2$ então um segundo número randômico seria gerado e a análise do mesmo seria se $rand() < 0.9$ então $B = b_1$ senão um novo número seria gerado e se $rand() < 0.5$ então $B = b_2$ senão $B = b_3$, e;
- se $A = a_1$ então novamente se gera um número randômico que é multiplicado por 3 $rand() * 3$, se $x < 1$ então $B = b_1$ senão se $x < 2$ então $B = b_2$ senão $B = b_3$.

O que se conclui deste algoritmo simples é que todos os pontos onde não se possui nenhuma informação são completados pressupondo-se uma relativa independência entre A e B ; para $A = a_1$ todos os valores de B são considerados equiprováveis, da mesma maneira

⁸³ Iterative Proportional Scaling (IPS).

⁸⁴ A função randômica utilizada é a disponível em todos os sistemas computadorizados, sem nenhum pré ou pós tratamento estatístico associado à mesma.

⁸⁵ Nome hipotético da função randômica utilizada.

no caso de $A = a_2$ se considera que no caso de $B \neq b_1$ os valores de probabilidade de b_2 e b_3 são equiprováveis e que 90 % é a probabilidade de ocorrer b_1 caso ocorra $A = a_2$.

Isto decorre de não haver qualquer outra informação que gere qualquer correlação entre A e B ; desta maneira, e porque o gerador de números randômicos (caso seja gerada uma grande amostra) tende a uma distribuição uniforme dos valores, os valores da amostra tenderão para uma distribuição uniforme. Portanto a média *esperada* de informação (já citada no início deste tópico) ou P é a distribuição uniforme, para as correlações e atributos não definidos.

Seguindo este raciocínio matematicamente teria-se:

$$\begin{aligned} p(a_1) &= 0.6 & p(b_1) &= 0.34 * p(a_1) + 0.9 * p(a_2) & \text{vide}^{86} \\ p(a_2) &= 0.4 & p(b_2) &= 0.33 * p(a_1) + 0.05 * p(a_2) \\ p(b_n | a_1) &= 0.33 & p(b_3) &= 0.33 * p(a_1) + 0.05 * p(a_2) \\ p(b_2 | a_2) &= p(b_3 | a_2) = 0.05 \end{aligned}$$

Desenvolvendo:

$$\begin{aligned} p(b_1) &= 0.34 * p(0.6) + 0.9 * p(0.4) = 0.204 + 0.36 = 0.564 \\ p(b_2) &= 0.33 * p(0.6) + 0.05 * p(0.4) = 0.198 + 0.02 = 0.218 \\ p(b_3) &= 0.33 * p(0.6) + 0.05 * p(0.4) = 0.198 + 0.02 = 0.218 \\ \sum p(B) &= 1.000 \end{aligned}$$

Não se deve esquecer que todos os cálculos derivam da noção de que todas as probabilidades desconhecidas são consideradas independentes (caso extremo), em outras palavras, enquanto não se tem informação em contrário, toda probabilidade (condicional ou não) é tratada como se fosse independente.

Concluindo os cálculos restam as $p(a_n | b_n)$ de cálculo trivial uma vez que se conhecem $p(A)$, $p(B)$ e $p(b_n | a_n)$, ou seja, utilizando-se a regra de Bayes:

$$p(A | B) = \frac{p(B | A) * p(A)}{p(B)}$$

$$p(a_1 | b_1) = \frac{p(b_1 | a_1) * p(a_1)}{p(b_1)} = \frac{0.34 * 0.6}{0.564} = 0.361702128 \quad \text{Valor aproximado}$$

⁸⁶ Uma vez que $0.33 * 3 = 0.99$, é necessário que um dos fatores de multiplicação seja acrescido de 0.01, no caso por simplicidade b_1 já que o mesmo terá visivelmente a maior probabilidade, de maneira que $\sum p() = 1$.

$$p(a_2 | b_1) = \frac{0.9 * 0.4}{0.564} = 0.638297872 \quad p(a_1 | b_2) = \frac{0.33 * 0.6}{0.218} = 0.908256881$$

$$p(a_2 | b_2) = \frac{0.05 * 0.4}{0.218} = 0.091743119 \quad p(a_1 | b_3) = p(a_1 | b_2) = 0.908256881$$

$$p(a_2 | b_3) = p(a_2 | b_2) = 0.091743119$$

Outro ponto a ser considerado é que diferente do exemplo, em casos reais, normalmente a preocupação, tanto do especialista quanto do engenheiro de conhecimento, é a determinação, principalmente, das probabilidades relacionadas às alternativas principais. No caso do exemplo, caso fosse uma situação real se buscaria determinar inicialmente $p(a_1)$ e as correlações $p(b_n | a_1)$, e se possível inclusive $p(b_1)$, por serem os itens mais comuns, deixando, caso não fosse possível sua estimação ou determinação empírica $p(a_2)$ e $p(b_n | a_2)$ para o cálculo de entropia via SPIRIT.

LEG - O que é?

O ganho real de conhecimento no SPIRIT somente ocorre pela formação da distribuição de probabilidade que os fatos e regras fornecem, conjuntamente com o princípio da máxima entropia. Isto tudo forma os LEG (Local Event Group).

No exemplo apresentado⁸⁷ o sistema decide automaticamente pela criação de cinco grupos de variáveis conforme a figura 2.11, cujas distribuições são armazenadas pelo sistema explicitamente e isto representa um número bem menor do que 1296 valores de probabilidades possíveis para uma rede bayesiana equivalente (matriz de possibilidades).

Uma maneira de se entender o que são LEG seria considera-las sub-matrizes da matriz de probabilidades conjunta gerada pela Rede de Bayes (vista em 2.5.2 tópico - Por que utilizar uma rede de Bayes ?), onde se comenta que a ordem das variáveis na matriz $p(V^1, ..., V^n)$ essencialmente não importa, o importante é que se faça o ordenamento o mais simples, ou seja, ordenando a matriz de tal maneira que as combinações com probabilidades iguais a zero sejam facilmente descartáveis.

Outro ponto considerado na criação dos LEG é a existência de variáveis com as probabilidades das suas alternativas definidas *á priori*, ou já calculadas, e com valor estabilizado em outro LEG. Os LEG são portanto sub-matrizes ligadas entre si por variáveis com as probabilidades já calculadas.

⁸⁷ Exemplo extraído do capítulo 2 de Rödder, Kopittke e Kulmann [ROD97].

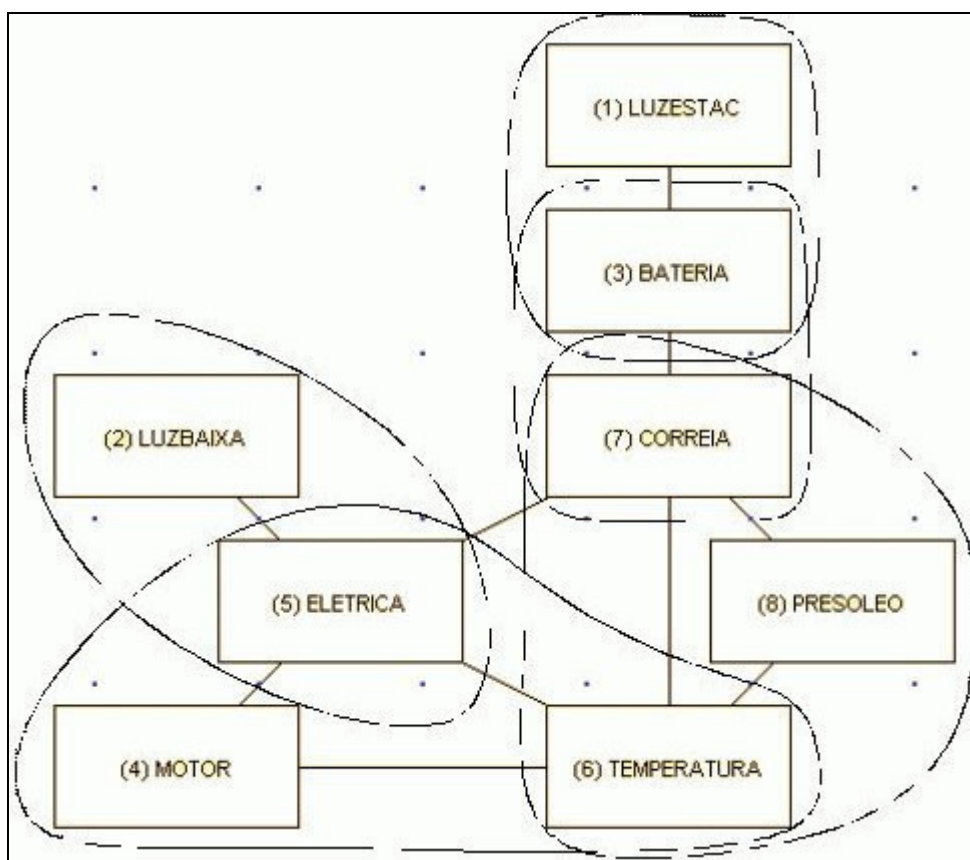


Figura 2.11 - Agrupamento de variáveis no exemplo MOTOR

Fonte: Rödder, Kopittke e Kulmann [ROD97].

A forma de se criar um LEG consiste basicamente em agrupar variáveis com probabilidades já definidas com outras das quais só se conhece uma ou outra correlação ($p(A / B)$), uma vez que quanto maior o conhecimento sobre os valores de probabilidade das alternativas envolvidas (fatos) e quanto maior o número de correlações conhecidas (regras) melhor a qualidade da rede gerada.

O conjunto de algoritmos⁸⁸ que SPIRIT utiliza (Máxima Busca Cardinal, Mínimo Preenchimento, Mínimo Tamanho e Mínimo Peso)⁸⁹ buscam minimizar a relação do número de combinações (matriz de correlações) à um máximo de 32.000 alternativas⁹⁰, bem como um mínimo de agrupamentos (ou LEG) necessários para isto.

Caso ainda existam dúvidas sobre o mecanismo de LEG do SPIRIT sugerimos consultar a bibliografia citada nos itens anteriores.

⁸⁸ Não se discutirá nesta tese estes algoritmos, uma vez que a mesma não objetiva isto, recomenda-se no entanto a verificação da bibliografia do grupo SPIRIT, principalmente do prof. Rödder e o acesso ao site <http://www.xspirit.de>, para maiores informações.

⁸⁹ Tradução livre dos nomes utilizados no menu de opção *Structure* do SPIRIT.

⁹⁰ Valor estimado por pesquisa do grupo SPIRIT quanto à performance do sistema, e inalterável pelo usuário.

Grafo Não Direcionado

Uma vez calculadas as distribuições de probabilidades dos grupos de variáveis (LEG) a base de conhecimentos está carregada. Pode-se obter então uma visão rudimentar do conhecimento através de um grafo não direcionado das distribuições marginais unidimensionais (Grafo de Dependências⁹¹). As variáveis aparecem ligadas se elas estiverem relacionadas em uma regra. A figura 2.12 mostra o grafo do exemplo⁹².

Visualização Gráfica de Independências Condicionais

Após a entrada dos fatos e das regras no SPIRIT é gerado um grafo não direcionado; este grafo é construído da seguinte maneira pelo sistema:

1. para cada variável é gerado um vértice;
2. dois vértices são unidos por uma extremidade, se as variáveis aparecerem na mesma regra.

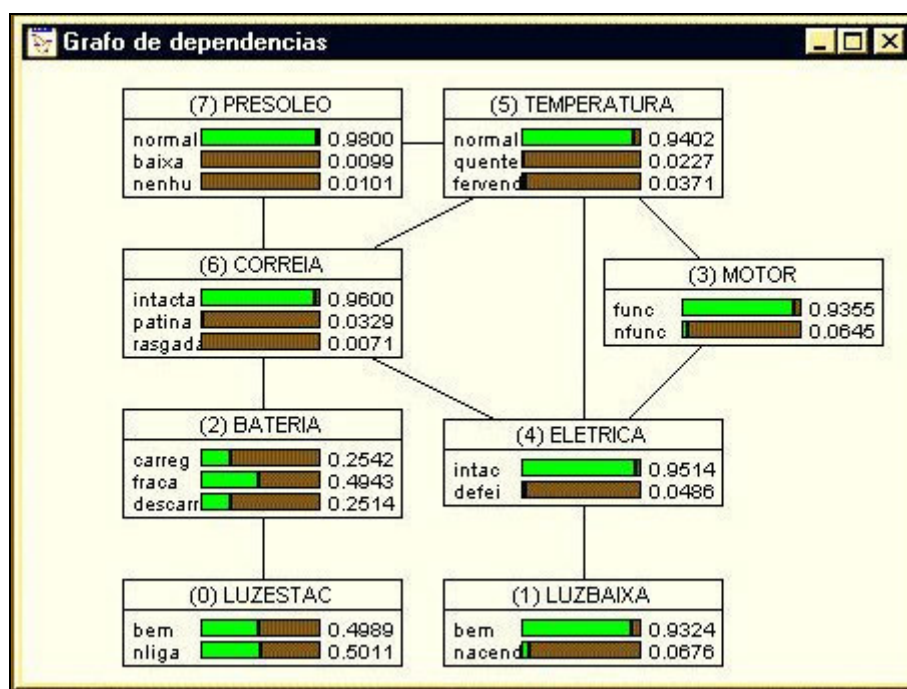


Figura 2.12 - Distribuição condicional de uma base de conhecimentos

Fonte: Rödder, Kopittke e Kulmann [ROD97].

Relativo à distribuição unificada o grafo tem uma propriedade importante, segundo Pearl [PEA88]:

" Seja V um vértice e $bd(V)$ seus vizinhos, então V é independente de todas as variáveis restantes dado $bd(V)$. Esta propriedade é conhecida na literatura como Propriedade Local de Markov."

⁹¹ Na versão 3 atual do SPIRIT é a Dependencies Window.

⁹² Exemplo extraído do capítulo 2 de Rödder, Kopittke e Kulmann [ROD97].

Grafo Misto

Este grafo é construído pelo SPIRIT desta maneira:

1. para cada variável é gerado um vértice;
2. é executado sub-item 2 do roteiro anterior;
3. é criada uma ligação $V1 \rightarrow V2$, se $V1$ está na premissa e $V2$ na conclusão da mesma regra.

Este grafo produz uma clara representação das relações entre as variáveis baseadas nas regras e fatos inseridos. Segundo Pearl [PEA88], se todas as combinações de Regras forem exaustivamente colocadas e o tamanho da base de conhecimento for grande o suficiente, o grafo é uma rede de Bayes.

Topologia de rede em um sistema SPIRIT

Quando se compara uma rede de Bayes pura *versus* uma rede gerada por SPIRIT, através do enfoque das diversas topologias de rede mais utilizadas (figura 2.13) observa-se que a rede de Bayes típica é do tipo “*D - Totalmente Ligada*”, ou seja, cada nó (variável) liga-se com todos os outros nós ou nodos (deve-se estabelecer todas as probabilidades conjuntas entre as diversas variáveis, vide em 2.5.2 tópico Aplicando a Regra de Bayes), enquanto que com o mecanismo de LEG do SPIRIT procura-se minimizar o esforço computacional e a utilização de memória do sistema que a abordagem bayesiana requer, através de uma estrutura do tipo “*E - Anéis Interconectados*” em que cada anel no caso seria uma LEG, sendo que cada LEG internamente ainda comporta-se como uma estrutura totalmente ligada.

Aprendendo de Observações

A opção *Alpha-Learning*, no menu *Knowledge* do SPIRIT (Versões⁹³ 2 e 3) lê um arquivo de dados externo contendo os assim denominados Vetores-Observação e usa estas observações para a construção ou modificação de uma Base de Conhecimento. Cada vetor é uma tupla⁹⁴ de atributos de todas as variáveis em uma ordem predefinida.

Antes de aprender com as observações é necessária a criação de um modelo de dependência formado por um conjunto de fatos e regras que seguem a estrutura de sintaxe de SPIRIT. O modelo vem possivelmente de uma fase anterior de aprendizagem no qual SPIRIT já formou uma Base de Conhecimento. Se isto ainda não ocorreu, SPIRIT constrói

⁹³ A versão 1 utiliza a chamada de função equivalente na opção língua portuguesa.

⁹⁴ Vide Glossário.

uma hyper-árvore ou rede-LEG e calcula as freqüências relativas dos LEG⁹⁵ do arquivo de dados externo.

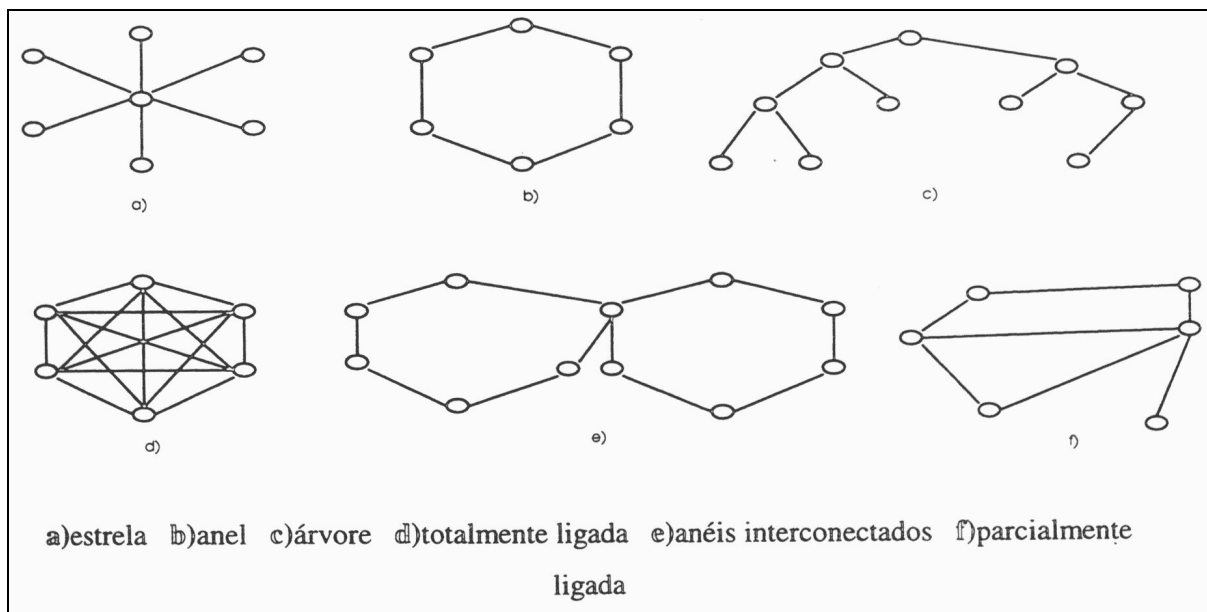


Figura 2.13 – Tipos de Topologia de rede mais comuns

Escolhendo adequadamente, determina-se o peso da combinação das velhas probabilidades em cada LEG (eventualmente os valores *default* da distribuição uniforme inicial) com as novas freqüências f :

$$\bullet \quad p_{new} = (1 - \alpha) * p_{old} + \alpha * f$$

onde $\alpha = 1$ indica aceitação total, e $\alpha = 0$ supressão total das freqüências dos vetores do arquivo de observação.

2.6.3 Utilização e vantagens do Sistema SPIRIT

SPIRIT, como todo “motor” de SE, visa basicamente simplificar o trabalho das pessoas envolvidas (especialistas) ou mesmo substituí-las, no caso da impossibilidade de sua presença física. Desta forma a ferramenta é recomendável, por se tratar de uma pesquisa baseada na determinação de formas mais simples e rápidas de se obter o mesmo resultado que uma ferramenta de análise estratégica; mediante o uso do conhecimento adquirido nas aplicações GI-EPS anteriores.

Diferente de outras ferramentas que geram SEP o SPIRIT permite que se reduza o número de regras a serem inseridas no modelo, sem perda de eficiência. O mecanismo de entropia⁹⁶ do SPIRIT reconstrói a mais provável distribuição de probabilidade das regras,

⁹⁵ Vide Glossário.

⁹⁶ Vide em Rödder, Kopittke e Kulmann [ROD97] e a explicação anterior sobre o mesmo.

baseado na combinação ótima destas regras entre si⁹⁷. Isto permite o trabalho (criação, alteração e ampliação) do sistema de forma mais rápida e ainda assim eficiente.

Conforme Wilhelm [WIL97]:

“SPIRIT é especialmente útil para representar, analisar e interpretar relações complexas. É indicado para aplicações que visam diagnose (diagnósticos e previsões), conhecer modelos (relações causa / efeito) e classificação (reconhecimento de padrões). Neste sentido, SPIRIT pode ser utilizado como shell para a prototipagem e desenvolvimento de um SEP.

Os exemplos a seguir ilustram seu potencial⁹⁸:

- *classificação e reconhecimento de tipos de navios e aeronaves,*
- *análise das condições de crédito bancário,*
- *diagnose em assuntos médicos,*
- *apoio à decisão em empreendimentos econômicos,*
- *verificação de relações sociológicas,*
- *análise de relações entre materiais químicos,*
- *interpretação e verificação de modelos de produção.*

Do exposto, pode-se concluir que a shell SPIRIT oferece um conjunto de recursos poderosos para prototipagem de um SEP, pois proporciona ao especialista um elevado grau de apoio e controle, especialmente na fase da prototipagem do modelo. O mesmo vale em relação a sua aplicação, pois o usuário final dispõe de uma interface gráfica que permite a realização de diagnósticos de uma forma simples e imediata.”

2.7 Outras Ferramentas

A primeira vista a opção do uso do SPIRIT como a ferramenta de trabalho nesta tese não parece natural, tendo em vista o uso disseminado de outras *shell* geradoras de SEP existentes atualmente e utilizadas na UFSC.

⁹⁷ Esta combinação pode resultar em probabilidades que divergem da realidade, mas mesmo assim o resultado (estado de uma variável) estará correto (a probabilidade de ocorrência deste estado não).

⁹⁸ Os detalhes são apresentados nas referências sugeridas para leitura complementar.

Todavia são vários os problemas que dificultam o uso destas ferramentas nesta Tese:

- 1º Disponibilidade *sem custos* das mesmas para a pesquisa. Duas das mais utilizadas ferramentas de geração de SEP, NETICA e HUGIN, são pagas; o que torna desnecessária a sua comparação tendo em vista que a relação custo / benefício para a finalidade de pesquisa desta tese não compensaria o investimento. A versão de teste de menor custo, atualmente disponível, da ferramenta HUGIN é limitada a 50 variáveis e a um amostra de 500 eventos. Também a ferramenta NETICA, de uso já tradicional nos trabalhos desenvolvidos pelo Centro de Ciências da Computação da UFSC, além do próprio Centro de Engenharia de Produção e Sistemas da UFSC; tem a limitação de não permitir um número elevado de nodos (variáveis) bem como de uma grande quantidade de regras na sua versão de avaliação, ponto que neste trabalho é um dos impeditivos principais ao seu uso;
- 2º Como se pode analisar pelos trabalhos de Schreiber [SCH2002] e Pasini [PAS2002] o uso de NETICA esbarra também na ausência de opções internas da ferramenta para o cálculo automático dos LEG utilizado por SPIRIT ou outro mecanismo equivalente de redução da matriz de possibilidades;
- 3º Outra característica das ferramentas NETICA e HUGIN (apesar de interessante quanto à aprendizagem de estatística) é o modo de se construir a rede, sendo que é necessária uma série de cálculos iniciais, não realizados pelas ferramentas, antes da mesma ficar pronta para o uso; bem como o inerente aumento no número de regras necessário, uma vez que diferente do SPIRIT, ambas as ferramentas não montam a distribuição automática e internamente em termos de LEG.

SPIRIT por outro lado é mais versátil:

- 1º Esta disponível de forma gratuita para uso pelo padrão GNU⁹⁹ de software de domínio público, sem limites no número de regras e tamanho da amostra;
- 2º Pela facilidade com que o mecanismo de Entropia permite o desenvolvimento dos grafos¹⁰⁰ com pouca informação fornecida;
- 3º A aprendizagem com o uso do *Alpha-Learning* é mais eficiente, as deficiências ainda presentes na ferramenta SPIRIT são tratadas no decorrer do capítulo 3;

⁹⁹ Vide Glossário.

¹⁰⁰ Idem à referência anterior

- 4º Existe um estreito contato com a equipe de desenvolvimento SPIRIT na Alemanha, o que permite que as sugestões, correções e novas funções necessárias à tese sejam implementadas e testadas rapidamente, e;
- 5º Mesmo com um conjunto limitado de regras, tendo uma base de conhecimento acessível, é possível trabalhar imediatamente com SPIRIT.

Desta maneira, apesar do fato de sua versão mais recente (3.X) rodar somente em JAVA¹⁰¹, SPIRIT é simples e ao mesmo tempo prático para o trabalho executado.

2.7.1 Metodologias

Outro ponto complicador quando do uso das ferramentas do item 2.7 (SPIRIT inclusive) é a existência de várias metodologias de geração de regras, ou construção da rede. Trabalhos recentes, como o defendido por Oliveira [OLI2002], sobre o uso do algoritmo *ID3* colocam entretanto a dificuldade do uso destas diversas técnicas na criação de regras, em um sistema com um grande número de variáveis em que a maioria das alternativas ou combinações de alternativas não ocorre na amostra que irá formar a base de conhecimento do mesmo. Apresenta-se a seguir uma breve explicação sobre o funcionamento específico do método *ID3*.

O Método *ID3*

O *ID3* (*Itemized Dichotomizer 3*) foi desenvolvido por Quinlan [QUI86]. Trata-se de um algoritmo que utiliza lógica e matemática para processar, organizar e simplificar um grande conjunto de informações em uma série de rotinas projetadas a partir de um método anterior, o sistema CLS (*Concept Learning System*) de Hunt [HUN66]. Ambos são sistemas para aprendizagem por classificação a partir de exemplos. Da mesma forma tem a característica comum de representar o conhecimento adquirido sob a forma de árvores de decisão, construídas começando da sua raiz e detalhando os passos até suas folhas.

A habilidade do *ID3* para operar dados não numéricos é facilmente aplicável para muitas situações. Como este método é capaz de gerar regras através da indução de atributos pela criação de uma árvore de decisão, Han, Chandler e Liang [HAN96] afirmam ser o método mais utilizado em aplicação de aprendizado indutivo. Pao [PAO89], informa que o *ID3* é um método facilmente automatizado.

O aprendizado indutivo se caracteriza por utilizar um conjunto de exemplos (amostra de treinamento) e por determinar uma relação entre estes exemplos através de inferência

¹⁰¹ O que pode comprometer a velocidade e o uso da memória em certos momentos. Mas nada de diferente do que possa ocorrer com o NETICA utilizando o MS-VisualBasic.NET, versão atual da linguagem de programação MS-VisualBasic, por exemplo.

indutiva. Regras de indução podem também ser utilizadas para prever (previsão) as saídas ou para replicar o julgamento de alguém. A técnica de aprendizado indutivo diverge da técnica estatística em muitos aspectos conforme comentado por diversos autores [HAN96, MAK96 e PAL97]. Uma de suas diferenças é que nos métodos estatísticos se utilizam funções discriminantes (que assumem atributos numéricos), enquanto o método utilizado no *ID3* (não numérico ou categórico) permite desenvolver uma árvore discriminante (atributos nominais), resultado da indução pelo uso das amostras de treinamento.

A estrutura funcional básica do *ID3* é iterativa. Um pequeno grupo do arquivo de treinamento, chamado “janela”, é escolhido ao acaso (de forma randômica), sendo que uma árvore de decisão é computada a partir deste grupo; esta árvore realiza a classificação de todos os objetos da janela. Todos os outros exemplos do conjunto de treinamento são daí então classificados utilizando a árvore gerada. Se a árvore dá a resposta correta para todos estes elementos então a mesma está correta para o arquivo de treinamento inteiro e o processo é finalizado; caso contrário uma seleção dos elementos incorretamente classificados é acrescentada a janela e o processo reinicia, gerando uma nova árvore. A evidência empírica aponta que uma árvore de decisão correta normalmente deva ser encontrada mais depressa por este método iterativo com o uso da janela, que pela criação da árvore diretamente do arquivo completo, conforme Quinlan [QUI86].

Vantagens e Desvantagens

Uma das grandes vantagens do *ID3* é a sua simplicidade, quando comparado com outros algoritmos de aprendizado: *ID3* é muito mais direto na sua aproximação. Sua modelagem baseada na cognição torna relativamente simples a compreensão de seu funcionamento pelos humanos. Lamentavelmente, a árvore de decisão produzida pelo *ID3*, quando utilizado para grandes processos ou conjuntos de dados com ruídos, tende a ser confusa para a percepção humana. *ID3* executa muito bem quando os conjuntos dados são complexos e grandes – muito melhor que o seu predecessor o *CLS*.

Outra vantagem do *ID3* é seu uso conservativo dos recursos do sistema. O tempo computacional envolvido no *ID3* é linear e pode ser calculado como o produto do número de objetos de treinamento, o número de possíveis atributos que descrevem cada objeto, e a complexidade do critério final de seleção (medido como o número de nodos na árvore de decisão).

A maior desvantagem do *ID3* é que a árvore de decisão produzida é essencialmente imutável – não se pode eficientemente trocar a árvore de decisão sem reconstruí-la. Usando um método de atualização, a árvore tende a produzir um árvore de decisão que está longe

da árvore de decisão ótima, refutando assim a idéia original de formar a árvore de decisão do *ID3*.

O uso do *ID3* nesta tese apesar das vantagens apresentadas mostra-se inútil para o caso da amostra disponível no seu uso no SEPADO; seria necessária a criação de uma "amostra" gigantesca (distribuição uniforme + casos reais), para que o mesmo possa sugerir um conjunto inicial de regras. O método *ID3* exige que para cada alternativa de cada variável exista pelo menos 1 caso (evento) na amostra, o que na prática não ocorre sob pena de gerar uma regra nula, devido a ser um método ligado à extração de regras e variáveis (atributos) presentes na amostra, diferente do sistema desta tese, em que se consideram *todos* os atributos possíveis do modelo, mesmo inexistindo na amostra.

Outro ponto que coloca restrições ao uso do *ID3* e outras técnicas de mineração de dados, ideais para grande volume de dados, é o fato de gerar uma "árvore de decisão" imutável, e dela se extrair as regras. Isto não é interessante com SPIRIT pois o mesmo é baseado em uma estrutura em "rede" e não em "árvore", sendo que a principal forma de criarem-se as regras no mesmo é a da busca das variáveis de maior complementaridade ou correlação. Desta maneira, apesar de se perder o poder de síntese que o *ID3* e similares possuem para gerar as regras, ganha-se em versatilidade pois no SPIRIT não se prende a um caminho "causa / efeito" pré-definido (que exige que todas as variáveis causais sejam conhecidas), mas permite que com uma série limitada de atributos de variáveis disponíveis, um vez instanciados, gerem o efeito de propagação através da rede apontando as probabilidades de ocorrência dos atributos das variáveis alvo. Outro ponto interessante é que com SPIRIT a "árvore" (conjunto de regras) pode permanecer a mesma, sendo que somente é atualizado o conjunto de suas probabilidades pelo acréscimo de novos casos à base de conhecimento, mantendo-se próximo do conjunto ótimo de solução, conforme já comentado em 2.6.2 tópico "O Princípio da Máxima Entropia".

3. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Neste capítulo são apresentados os vários pontos trabalhados durante a tese, dentre outros a pesquisa, bem como comentários acerca dos resultados obtidos.

Inicia-se com uma breve descrição da importância da análise do funcionamento das aplicações no GI-EPS com o objetivo de determinar quais as variáveis são importantes para o trabalho proposto. Não se pretende detalhar a fundo o funcionamento do JE¹⁰², apenas identificar os inter-relacionamentos entre as variáveis operacionais e objetivas do mesmo.

Em seguida são apresentados os passos executados, ou seja, a formulação das regras (metodologia criada na tese) e a interpretação dos resultados obtidos. Esta metodologia proposta é uma fórmula que visa facilitar o processo de desenvolvimento dos SEP (aprendizagem), notadamente pelo SPIRIT, dos dados obtidos das partidas acumuladas no GI-EPS. Esta rotina para a geração ou extração de regras das amostras de jogos anteriores do GI-EPS, é de suma importância para balizar futuras pesquisas com SPIRIT; uma vez que até o momento não existe, vide referências, nenhum estudo *finalizado* (somente pesquisas) de como trabalhar com estas duas etapas em SPIRIT, a geração/extração de regras de bases de conhecimento e o nível de confiança nas amostras para a aprendizagem das mesmas.

3.1 O Cenário da Aplicação

O diagnóstico da situação da empresa virtual em seu ambiente competitivo, é feito levando-se em conta diversos fatores: o período, o nível dos estoques, o nível de propaganda, disponibilidades e necessidades financeiras. A partir de uma avaliação destas variáveis é possível estabelecer um objetivo, efetivado através de decisões operacionais envolvendo a capacidade produtiva, os preços e a política de propaganda. No GI-EPS não são simuladas outras variáveis operacionais como qualidade ou lançamento de novos produtos.

¹⁰² Vide em Kopittke [KOP98].

A parte operacional da aplicação envolve ainda outras variáveis como empréstimos, aplicações financeiras, compra de matéria-prima, etc. Os jogadores dispõem de um software de simulação de cenários, o qual permite verificar as conseqüências operacionais de suas decisões¹⁰³. Este software poupa o participante dos cálculos financeiros e operações contábeis operacionais, grandes consumidoras de tempo. O objetivo do simulador de cenários é permitir que o jogador se concentre no objetivo e então nas decisões operacionais de sua empresa virtual, pois na aplicação como na realidade empresarial os dirigentes correm o risco de se dedicar excessivamente ao dia a dia da empresa em detrimento da determinação do rumo que ela deverá seguir.

Resumindo o funcionamento da aplicação pode-se afirmar que as tarefas de um jogador consistem em:

- 1º - Diagnosticar a situação da empresa;
- 2º - Determinar o objetivo a atingir, i.e., escolher um objetivo (ou vários ao mesmo tempo) entre os vários possíveis e tomar as decisões estratégicas;
- 3º - Tomar as decisões operacionais, e;
- 4º - Controlar as conseqüências das decisões operacionais.

O SEPADO está relacionado, mesmo que indiretamente, com as quatro tarefas. A partir de um diagnóstico da situação da empresa (1º item) o sistema irá inferir quais as decisões de maior probabilidade de sucesso (2º ao 4º itens).

3.1.1 SAD-GI X SEPADO

A despeito do que possa parecer em uma primeira análise o SAD-GI e o SEPADO não são ferramentas concorrentes, mas complementares.

O foco de atuação do SAD-GI é mais voltado ao lado operacional das decisões das equipes. Ele permite que as equipes testem¹⁰⁴, mediante a colocação de diversos valores operacionais, o resultado que pode ser obtido na próxima jogada, i.e., as equipes testam diversas situações "E SE" verificando se o resultado é mais ou menos satisfatório, e.g., "Qual é o efeito de diminuir a propaganda no mercado 1 em *n* unidades monetárias e aumentar o prazo de pagamento em *x* dias?"

O SAD-GI permite desta maneira que a equipe teste *um cenário por vez*, tendo de recalcular cada alternativa separadamente, ele não possui um módulo, ainda (pretende-se

¹⁰³ SAD-GI, Vide Dettmer [DET2001].

¹⁰⁴ Versão completa, utilizada quando jogado o GI-EPS; para o GI-MICRO e LIGHT o SAD-GI específico atua como uma interface cliente dos programas GI apresentando os relatórios e encaminhando as decisões das equipes.

que o SEPADO seja futuramente este módulo), que coloque a disposição das equipes os resultados dos diversos conjuntos de alternativas de decisão simultaneamente (o SAD-GI nem mesmo consegue estabelecer quais sejam elas) para que as equipes escolham a que julgarem melhor, ou seja, não permite a simulação e análise de diversos cenários alternativos simultaneamente, quanto a definição de qual grupo ou região de decisão tem maior probabilidade de êxito.

3.2 Passos executados

Como se necessitava de uma idéia inicial do que se poderia obter e de como se deveria construir¹⁰⁵ o SEPADO, foi selecionada uma aplicação dentre as diversas que já haviam sido arquivadas pela equipe do GI-EPS.

A aplicação selecionada inicialmente foi realizada em 2000, na UNIVILLE, na cidade de Joinville/SC, pelos alunos do Mestrado em Administração. A aplicação foi realizada com 5 times em 10 jogadas, sendo que a 1ª foi o período de abertura padrão do sistema. Esta aplicação é do grupo de jogos que simulam o comportamento em um ambiente de competição de micro-empresas. Até o advento da versão 6 do GI-EPS as versões para simular o ambiente de micro-empresas do ambiente empresarial de "grande porte" eram separadas. Desta maneira foi utilizado o GI-MICRO 4.99a durante os testes da 1ª fase do SEPADO, que são apresentados a seguir. A versão do SPIRIT utilizada foi a 3.0.68. Determinou-se inicialmente um conjunto de variáveis e instâncias que o protótipo iria utilizar.

3.2.1 Seleção das Variáveis do Protótipo

A 1ª etapa para desenvolver o SEPADO foi a definição do conjunto de variáveis, considerando sua função e os possíveis estados (atributos) que cada variável poderia assumir.

Não se utilizou nenhuma das técnicas de mineração automática de dados conhecida, uma vez que o GI-EPS, por se tratar de um micro-mundo controlado, permite com uma consulta à equipe do jogo definir as mais importantes, bem como a divisão em classes/alternativas das mesmas.

Geralmente as árvores de decisão (utilizadas nos SE baseados em regras de produção) e *fuzzy* envolvem um processo decisório que se desenvolve em etapas, sendo que cada etapa considera, em princípio, pelo menos dois tipos distintos de variáveis: as de

¹⁰⁵ Número de variáveis e atributos, quais, como obtê-los, etc.

estado e as de decisão. As variáveis de estado são dadas e assumem uma função de informação que vai servir como parâmetro para condicionar o conjunto de ações possíveis do processo decisório. As variáveis de decisão estabelecem as ações possíveis visando delimitar o universo de alternativas do processo decisório.

No protótipo inicialmente criado foram inseridas também as variáveis objetivo, ou seja, que definem quais os objetivos que as equipes pretendem atingir, de forma que o SPIRIT, munido das regras, fatos e observações¹⁰⁶ possa se inferir a combinação de decisões operacionais que possam ter a maior probabilidade de atingir os objetivos que uma equipe busca.

Todas as variáveis receberam um prefixo, que qualifica em qual classificação a mesma se adequava, que são:

- **AMB_** - Variáveis Ambientais: Valores obtidos do sistema, expressam a situação em que a empresa se encontra no período atual, diagnóstico da situação da empresa. Normalmente são acrescidas do pósfixo (**_PERANT**¹⁰⁷) que identifica se os dados são do período anterior ao que se está preparando. São as variáveis de diagnóstico da situação da empresa até o período que vai ser simulado;
- **EST_** - Variáveis Estratégicas¹⁰⁸: São as variáveis que compõem a decisão estratégica do período a ser realizado. Como o sistema trabalha visando sempre o resultado do período, o sistema acaba utilizando como sendo sua estratégia as variáveis operacionais, as decisões que são passadas para o GI-EPS. Apesar de não ser a visão mais correta do termo "*estratégia*" a idéia aqui é de que as "*estratégias*" que a equipe elaborou são expressas diretamente em termos das decisões operacionais, e.g., a estratégia tomar mercado é expressa diretamente pela combinação de decisões operacionais envolvendo preço, propaganda e condições de pagamento. Esta abordagem foi tomada para o 1º conjunto de teste uma vez que se torna mais simples a obtenção dos números das aplicações do GI-EPS que serão fornecidas como o banco de dados que vai alimentar SPIRIT. Sem que seja necessária a criação de uma rotina de pré-processamento (classificação) das decisões para alimentar SPIRIT, rotina criada na fase 2 de testes;

¹⁰⁶ Arquivo com a base de dados das jogadas das diversas aplicações já realizadas.

¹⁰⁷ Existem também variáveis ambientais, como a possibilidade de greve que definem o próximo período e não o período anterior (**_PROXPER**).

¹⁰⁸ Para a jogada.

- **OBJ_** - Variáveis Objetivo: São as variáveis que expressam os objetivos que a empresa pretende atingir na aplicação (período), que são os objetivos que se pretende atingir no jogo como um todo.

Para a obtenção das instâncias para as variáveis não se analisa somente o período (estado atual) e as médias para o período das variáveis, acrescenta-se também o estado do período anterior de certas variáveis, normalmente ambientais.

Os aparentes erros de português nos nomes de variáveis e instâncias que foram utilizados se devem ao fato de que o SPIRIT da versão 2.XX em diante opera em inglês¹⁰⁹ e portanto não funciona de forma adequada com acentos em nomes de variáveis e instâncias.

Além disto uma das práticas recomendadas no desenvolvimento de qualquer sistema de computador é de se preocupar com a grafia dos nomes e acentos corretos somente para o nível de interface com o usuário (entrada / saída de dados, telas, listagens, etc.), tomando-se o cuidado de que o nome de uma dada variável informe da maneira mais simples possível o conteúdo, sentido e utilização da mesma nos demais níveis de desenvolvimento do sistema.

Isto se deve ao princípio de facilitar a entrada dos nomes de variáveis durante a fase de desenvolvimento, bem como de evitar que ocorram os erros, já citados, que o uso das diversas línguas escritas¹¹⁰ trazem no funcionamento dos programas. Também nota-se que certos nomes ficaram demasiado longos, isto ocorreu por que se procurou manter o bom entendimento do que cada variável significa¹¹¹, para que um usuário pudesse com uma simples observação da tela do SEPADO entender o que cada variável representa.

SPIRIT apresenta uma outra limitação na forma de gerar variáveis e instâncias, ele normalmente não aceita o uso de números como nome de variável¹¹², desta forma foi necessária a utilização do nome por extenso de certos números quando se queria fazer referência aos valores de forma explícita.

Variáveis

Como já discutido no capítulo 2 as alternativas utilizadas não são fuzzy por terem seus limites “*rigidamente*” fixados previamente.

¹⁰⁹ O que normalmente gera fatos nada agradáveis quando se busca utilizar a grafia correta de certos vocábulos, principalmente a nível de sistema operacional e do relacionamento com o núcleo do programa, bem como dos outros programas que rodam na mesma máquina ou rede.

¹¹⁰ Inglês, português, alemão, etc.

¹¹¹ Atentando-se novamente as já citadas práticas de desenvolvimento de sistemas.

¹¹² Também, como na maioria das linguagens e ferramentas de desenvolvimento, o SPIRIT não aceita espaços e alguns caracteres como #, %, etc., como parte dos nomes das variáveis e instâncias.

O quadro 3.1 sintetiza o modelo proposto, o qual envolve um conjunto de 28 variáveis e 161 atributos (instâncias).

A relação das variáveis, com a descrição de cada uma não é apresentada devido à sua extensão, e por ter sido posteriormente retrabalhada, a relação das regras utilizadas nas fases 1 e 2 do SEPADO se encontram respectivamente nos apêndices 1 e 2.

3.2.2 Formulação da estrutura de regras e fatos

A estrutura do SEPADO é criada no SPIRIT, e nos outros SEP, normalmente através da formulação de regras¹¹³ que vão especificar os relacionamentos de cada variável com as demais. Este é um ponto crítico do desenvolvimento do sistema pois é exigido do especialista muito cuidado e controle sobre o banco de regras que vai representar a aquisição do conhecimento. Contradições, falta de especificação de relações e o relacionamento de uma variável com muitas outras, podem causar inúmeros contratempos tais como: dificuldades de convergência do método de heurística no processo de aprendizagem, tempo de processamento e esgotamento prematuro da capacidade do sistema.

"A forma de minimizar estes problemas reside na formulação de uma representação precisa sobre a configuração da árvore decisória", Whittaker [WHI90], no sentido de reunir em grupos as variáveis que mantêm relação direta entre si e estabelecer um adequado encadeamento dos agrupamentos (LEG). Em princípio, quanto menor o número de relacionamentos de uma variável com as demais, sem perda de informação, mais eficaz tende a ser a representação do conhecimento e o desempenho do sistema. Esta habilidade exige muita criatividade, o que implica na possibilidade de múltiplas formas para representar e tratar um mesmo conhecimento.

Foi dentro desta perspectiva que o protótipo do SEPADO apresentado na figura 3.1 foi estruturado no SPIRIT. A representação está configurada para mostrar a direção do relacionamento das variáveis no sentido de identificar quais fazem parte da *premissa*¹¹⁴ e quais estão presentes na *conclusão*¹¹⁵ no banco de regras.

Vale ressaltar que a representação do grafo da estrutura do relacionamento entre as variáveis é apenas um dentre diversos outros recursos que o SPIRIT proporciona, auxiliando o especialista na tarefa de controle e visualização sobre a prototipagem do conhecimento representado.

¹¹³ Vide apêndices 2 e 3.

¹¹⁴ Extremidade simples dos eixos.

¹¹⁵ Extremidade com sinal de seta dos eixos.

Quadro 3.1 - Configuração das variáveis quanto ao tipo, funções e atributos

VARIÁVEIS	TIPO	FUNÇÃO	ATRIBUTOS					
AMB_FATOR_KANITZ_PERANT	N	amb	solvente	insolvente	Penumbra			
AMB_PRECOEXTERNO_PERANT	N	amb	bx	md	Al	at		
AMB_PRECONORMAL_PERANT	N	amb	bx	md	Al	at		
AMB_CAIXA_PERANT	N	amb	bx	md	Al	at		
AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT	N	amb	bx	md	Al	at		
AMB_PROPAGANDA	N	amb	bx	md	Al	at		
AMB_GREVE_PROXPER	B	amb	SIM	NÃO				
AMB_SAZONALIDADE_PROXPER	N	amb	sazonalidade	anterior_sazonalidade	posterior_sazonalidade	intermediario		
AMB_IMOBILIZADO_PANT	N	amb	bx	md	Al	at		
AMB_ESTOQUE_PA_PANT	N	amb	bx	md	Al	at		
AMB_ESTOQUE_IS_PANT	N	amb	bx	md	Al	at		
OBJ_LUCR_TOT_PROXPER	N	obj	bx	md	Al	at		
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER	N	obj	bx	md	Al	at		
OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER	N	obj	bx	md	Al	at		
OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER	N	obj	baixissimo	bx	md	inaceitavel		
OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER	N	obj	bx	md	Al	at		
EST_PRAZOPGTOMPRAS	N	dec	nc	a_vista	dias_90	dias_180		
EST_COMPRAINSUMOS	N	dec	nc	a5	d5	a10	d10	man_vol_anterior
EST_PESSOAL	N	dec	man	contratar	demitir			
EST_IMOBILIZADO	N	dec	man	aumentar	diminuir			
EST_FINANCIAMENTO	B	dec	SIM	NÃO				
EST_EMPRESTIMOSCP	B	dec	SIM	NÃO				
EST_APLICACAO	B	dec	SIM	NÃO				
EST_DESCONTO	N	dec	zeropc	ate5pc	5ate10pc	mais10pc		
EST_PRECO_NORMAL	N	dec	man	a5	d5	a10	d10	
EST_PRAZOPAGTO	N	dec	zero	ate30	ate60	ate90	mais_tempo	
EST_TURNO	N	dec	normal	extra_10	extra_20			
EST_PRECOEXTERNO	N	dec	man	a5	d5	a10	d10	

Onde:

N = nominal	B = booleano	amb = ambiente
obj = objetivos	dec = decisões / estratégias	bx = baixo
md = medio	al = alto	at = altissimo
man = manter	nc = nao_comprar	a5 = aumentar_ate_5pc
d5 = diminuir_ate_5pc	a10 = aumentar_10pc_mais	D10 = diminuir_10pc_mais

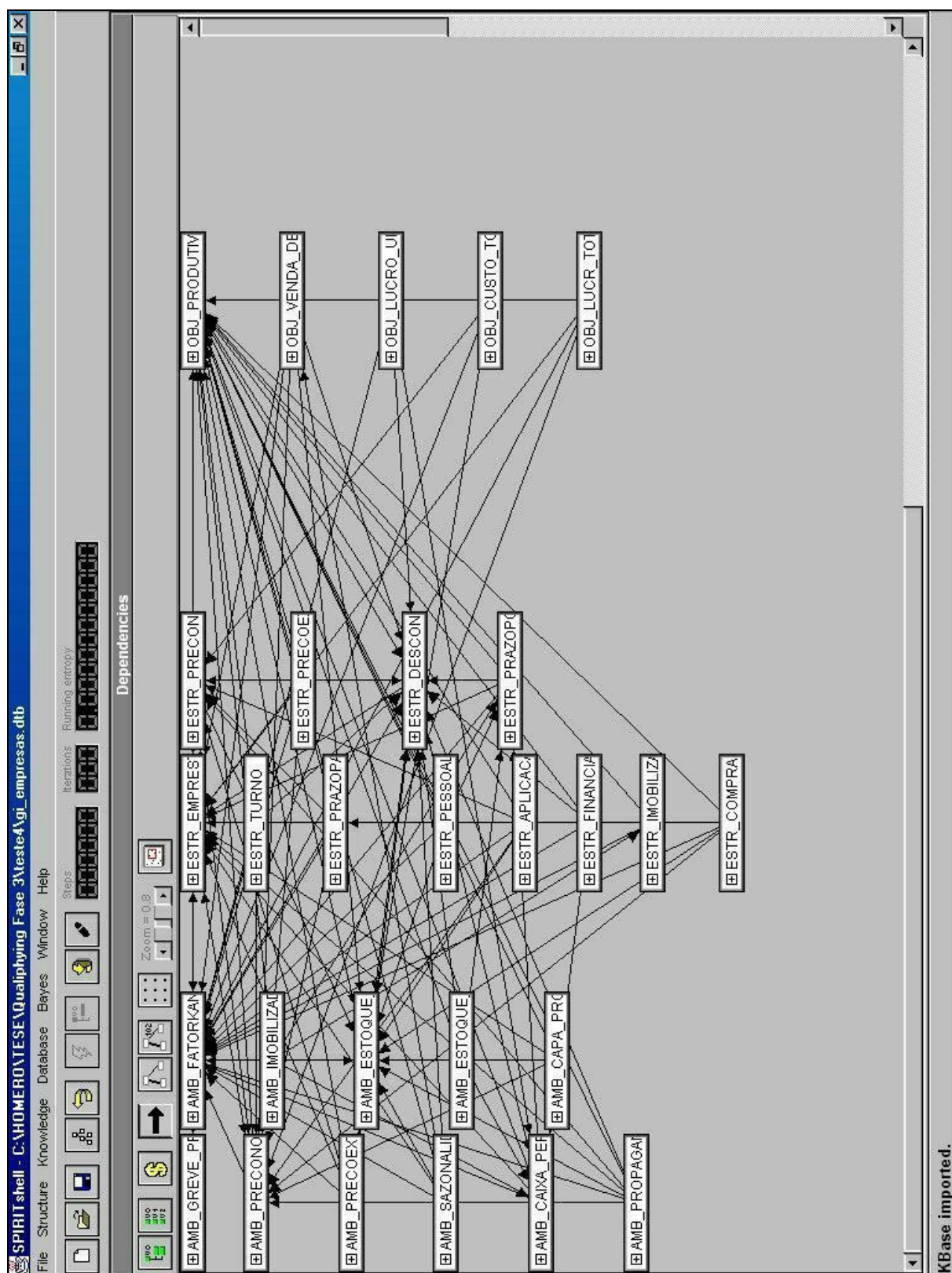


Figura 3.1 - Estrutura da 1ª versão do SEPADO implementado no SPIRIT

O grafo da figura 3.1 mostra as probabilidades condicionais *à posteriori* das variáveis. O *à posteriori* deve ser entendido aqui como considerando que se tem somente a informação obtida pela análise da amostra, no caso, somente de uma aplicação. Como colocado no segundo parágrafo deste item, a formulação da árvore decisória é de extrema

importância para que o modelo funcione. Só que existe um problema: "Qual é a relação das variáveis?". Como o único conhecimento disponível é o da amostra, deve-se resolver o problema utilizando outra abordagem.

Mesmo quem participou ou administrou diversas aplicações do GI-EPS não consegue formular um conjunto mínimo de relações que permita ao SPIRIT iniciar os trabalhos, apesar de conseguir formular um conjunto inicial que infelizmente, não é suficientemente completo para que SPIRIT faça a sua parte¹¹⁶. Mas isto de todo não é crítico, pois SPIRIT consegue inferir o conjunto de LEG baseado somente no seu *Alpha-Learning*, vide em Rödder, Kopittke e Kullmann [ROD97]. Ou seja, se puder ser fornecido ao SPIRIT uma base de dados realmente grande¹¹⁷ o sistema poderá após muito tempo de processamento chegar aos LEG. Contudo isto não é prático, pois acaba com duas das principais características dos SE:

- *Portabilidade*: se o arquivo de dados for realmente grande poderão ocorrer situações em que não possa ser passado com facilidade para outras máquinas, além de que cada acréscimo de conhecimento ampliará o problema;
- *Aprendizagem*: somente baseando-se na leitura da amostra via *Alpha-Learning* o SPIRIT não vai estar aprendendo "realmente", pois toda vez que for novamente inicializado terá de reler o arquivo e regerar as probabilidades, com toda a perda de tempo relacionada. SPIRIT somente estará aprendendo quando dispuser de um conjunto estável de regras¹¹⁸ em que ele possa refinar as probabilidades com o seu *Alpha-Learning*. Uma vez que é este conjunto de regras que define (supõem-se que chegue pelo menos perto o suficiente para isto) o funcionamento dos pontos mais importantes do universo em estudo. Permitindo que se façam todas as simulações e análises sobre os fatos, causas e conseqüências sem que necessariamente os mesmos ocorram.

Desta forma é necessário gerar, nem que mediante o uso de um método empírico, um conjunto inicial de regras e fatos. Neste item a ferramenta SPIRIT é poderosa pois permite que se trabalhe somente com um conjunto de regras, fatos e probabilidades fornecidos pelo analista. Chama-se isto de probabilidades *à priori*, ou seja, sem o uso do recurso de *Alpha-Learning* do SPIRIT. E como já se comentou, SPIRIT com o uso do seu

¹¹⁶ Passa a depender sobremaneira da *entropia*, o que leva a erros na análise.

¹¹⁷ 10.000 ou mais elementos.

¹¹⁸ Não seja necessário incluir / alterar / excluir nenhuma regra devido ao acréscimo de informação na base amostral ampliada.

mecanismo de entropia e *Alpha-Learning* permite também montar as probabilidades à *posteriori*, vide em Rödder, Kopittke e Kullmann [ROD97]. Ou seja, uma vez que o especialista insere as regras e fatos, SPIRIT as revisa e amplia com o seu mecanismo de entropia e *Alpha-Learning* aplicados a base de dados amostral disponível.

Precisa-se portanto simular tal conhecimento para que o SPIRIT não tenha a sobrecarga de trabalho já citada, e para que o modelo fique portátil. Optou-se por realizar uma análise das correlações nas distribuições das instâncias das variáveis dentro da amostra.

Esta abordagem foi adotada uma vez que, como se pode notar no capítulo 2 (sub-item 2.6.2), as redes causais são aplicações de correlações “*causa e efeito*” entre variáveis e seus atributos; desta maneira o uso de técnicas de extração / geração de regras tradicionais (vide comentários sobre o método *ID3*, no sub-item 2.7.1) baseadas na criação de árvores de decisão são ineficientes. Isto por que basicamente todas as variáveis da rede estão interconectadas (mesmo que seja com correlações baixas ou até mesmo inexpressivas) e o modelo hierárquico não atende esta abordagem de maneira adequada.

Uma vez que SPIRIT utiliza o mecanismo de LEG procurou-se reforçar a escolha das correlações fortes entre os pares de variáveis de forma a minimizar o esforço de cálculo de entropia do SPIRIT, explicado em 2.6.2.

Portanto é necessário escolher somente as correlações mais expressivas, ou seja, as que tem maior probabilidade de ocorrência, para a base de regras do sistema, garantindo a minimização da quantidade e mantendo a qualidade da informação utilizada pelo SPIRIT. Assim o sistema consegue “*simular*” de maneira mais eficiente o ambiente desejado.

O Método

Devido ao que foi colocado se ordenaram as ocorrências de todos os atributos e foi montado um grupo formado somente pelo atributo que mais ocorreu em cada variável (a duplicidade de instâncias dos atributos na mesma variável é aceitável), acrescentou-se a quantidade de cada ocorrência.

Uma vez que se determinou quais são estas instâncias, selecionou-se a(s) variável(is) que apresentou(aram) a maior ocorrência e se inseriu no SPIRIT o conjunto de fatos relacionados a esta(s) variável(is)¹¹⁹.

Como se conhecia também o número total de ocorrências (foram¹²⁰ 45) se pôde também saber o percentual que cada atributo ocorreu em relação ao total. Dentro deste

¹¹⁹ Não é necessário ser exato no valor da probabilidade informada, pode ser colocada como 1, uma vez que se fará o SPIRIT recalculer o conjunto de probabilidades mais de uma vez, a partir de agora.

grupo que foi selecionado se ordenou então do maior para o menor n.º de ocorrências. A partir deste ponto se inicia um processo de filtragem ou *Decapagem de Regras*¹²¹ das instâncias da seguinte maneira:

1. Criar um arquivo de controle onde se relacionam todas as 28 variáveis em uma tabela de 3 linhas, sendo que a 1ª linha é a de cabeçalho, onde ficam os nomes das variáveis; na 2ª linha ficam marcados com X todas as variáveis que não estão ainda em nenhuma regra (no caso, inicialmente todas as variáveis ficam com X somente na 2ª linha), e na 3ª todas as variáveis que já estão relacionadas pelo menos em uma regra, não importando se na premissa ou na conclusão;
2. Começar a montagem das regras a partir da instância de maior ocorrência no grupo selecionado;
3. Filtrar no arquivo da amostra todas as vezes em que esta instância da variável ocorreu;
4. Verificar a instância de maior ocorrência em cada uma das outras 27 variáveis neste subgrupo filtrado;
5. Para cada uma destas instâncias verificar se o percentual de ocorrências é igual ou maior a 95% do total das ocorrências do subgrupo filtrado;
6. Se não for passar para a próxima variável; se for gerar a regra: "*Variável Filtrada = atributo de maior ocorrência => Variável Analisada = atributo da variável analisada que mais ocorreu no subgrupo*";
7. Inserir cada regra no SPIRIT, e fazer o seguinte conjunto de passos dentro do sistema:
 - a) Reinicializar o especialista com a opção de menu do SPIRIT: *Knowledge -> Reset*¹²²;
 - b) Forçar uma inicialização bayesiana sobre a distribuição normal de a) com a opção:
 - a. Bayes -> *Bayesian init*: isto reforça os valores das probabilidades desconhecidas ao reduzir os valores das probabilidades dos fatos e regras informados, que foram reinicializados aos valores da distribuição normal, para um valor próximo ao complemento do valor de *Alpha-Learning* utilizado ($1 - \alpha$);

¹²⁰ Após o tratamento dado no item anterior para montar o banco de dados da amostra, baseado nas jogadas de cada grupo.

¹²¹ Colocou-se o nome de *DECAPAGEM DE REGRAS*, numa alusão ao método de decapagem de metais, onde se retiram camadas por eletrólise e outros métodos, normalmente para fins de remoção de ferrugem/oxidação.

¹²² Força-se o SPIRIT a considerar toda a população como uma distribuição uniforme.

- c) Inserir a amostra no SPIRIT com o uso de seu *Alpha-Learning*:
Database -> Learn database;
 - d) Seguido de: *Database -> Accept database*;
 - e) Clicar no ícone *Start iteration* do SPIRIT;
 - f) Aguardar o termino das interações e novamente ativar a seqüência de menus: *Database -> Accept Database*;
 - g) Salvar o arquivo do especialista e reabri-lo imediatamente.
8. Se ocorrer qualquer mensagem no SPIRIT durante o processo, que indique que a regra apresenta problemas de LEG, ou outros não relacionados com erros de digitação das variáveis e atributos envolvidos, remover a regra do SPIRIT e colocá-la em um arquivo texto separado para posterior análise;
 9. Mudar no arquivo de controle o X da 2ª para a 3ª linha na coluna do nome das variáveis que foram relacionadas nas regras que não apresentaram problemas;
 10. Selecionar o atributo seguinte dentro do grupo de atributos inicialmente determinado e repetir a partir do item 3. até que todos os atributos do grupo tenham sido testados;
 11. Verificar se no arquivo de controle todas as variáveis estão marcadas com X somente na 3ª linha, caso contrário repetir o processo a partir de 2. sendo que o fator de corte no item 5. passa para 90% e repetir os passos de 3. a 11. sempre diminuindo em 5% este ponto de corte caso não se consiga que todas as variáveis sejam relacionadas pelo menos uma vez que seja como premissa ou conclusão. É indiferente o número de vezes, somente deve aparecer pelo menos 1 vez em qualquer uma das situações.

Já se detectou uma exceção importante neste processo, que ocorre quando um atributo existe em 95% ou mais das vezes na amostra global, neste caso todas as ocorrências deste atributo no arquivo de controle devem ficar na 2ª linha até que ocorra um atributo analisado na filtragem dos subgrupos que ocorra com um ponto de corte igual ou menor do que 90% das vezes. Isto é necessário pois ocorre um "erro" de análise probabilística que é reforçado pelo *Alpha-Learning* quando configurado no SPIRIT para 1. No caso, devido ao conteúdo da amostra utilizada, SPIRIT tende a desprezar a maioria das combinações em que o atributo da variável não seja aquele que ocorre 95% ou mais das vezes, apesar de não ser um erro pela base de dados informada, é um erro uma vez que se supõe que a probabilidade real é menor do que a da base

Uma vez que se termina o processo tem-se o SEPADO pronto para operar, passando-se portanto à fase seguinte.

3.2.3 Interpretação do SEPADO implementado

Uma forma simples de uso do SEPADO, é operá-lo através de um processo denominado de *instanciamento*, i.e., informar para cada etapa do processo decisório o estado dos atributos das variáveis de informação e selecionar as alternativas de decisão desejadas. Após o instanciamento, os atributos da variável assumem uma valoração probabilística decorrente do processo de propagação sobre a estrutura inicial. A figura 3.2 apresenta um exemplo de instanciamento de um processo decisório. O diagnóstico é claro em relação a alternativa decisória escolhida.

Esta é uma primeira forma de aproveitamento do SEPADO, ou seja, como consultor. Neste caso, o valor da probabilidade do atributo serve para orientar na seleção de alternativas de decisão.

3.2.4 Análise de jogadas com o uso do SEPADO

Inicialmente foi analisado o uso do SEPADO para determinar os benefícios em seu uso no GI-EPS refazendo uma aplicação, cuja origem foi comentada no item 3.2.

Teste 1

O SEPADO foi testado neste primeiro momento com o SPIRIT tendo a função de *Alpha-Learning* definida como igual a¹²³ 1, onde se obteve a tela da figura 3.3 com as decisões do período 2 para a empresa 1. A origem da amostra foi definida no item 3.2, sendo que a estrutura de regras encontra-se no apêndice 1, o tamanho da amostra, como comentado no sub-item 3.2.2, era de 45 elementos.

Logo no início se nota que o SPIRIT não permite o instanciamento do objetivo *altissimo* da variável *OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER*, ocorre o mesmo que o que é apresentado na figura 3.4 (o por que disto será comentado a seguir), mas mesmo assim se prosseguiu.

¹²³ Aprendizagem / Entropia totalmente dependente da base de dados amostral lida.

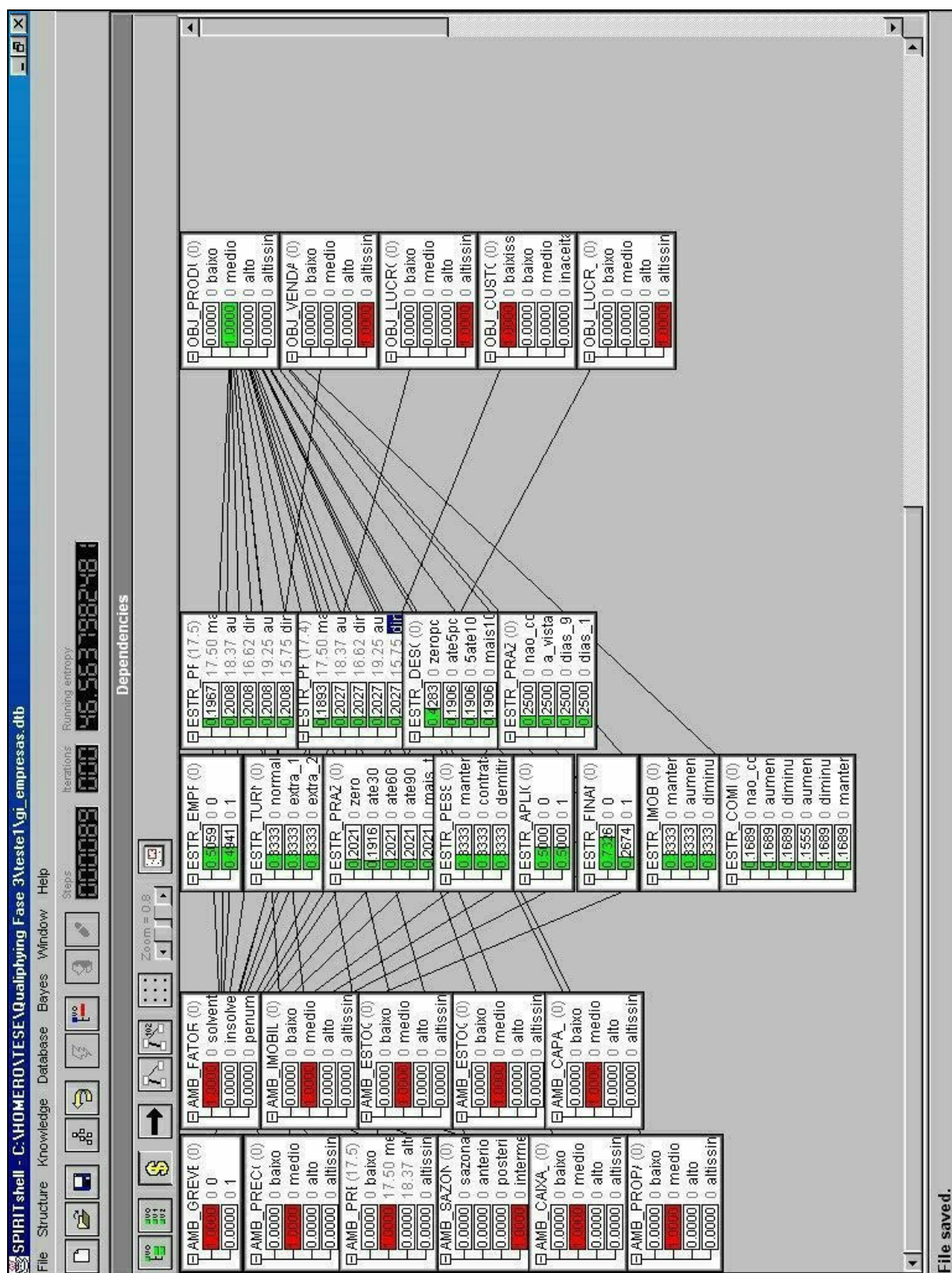


Figura 3.3 - Decisões da empresa 1 para o período 2 (1º Teste do SEPADO)

Comparando-se os dados do Relatório Confidencial da empresa 1 para o período 2 original com o teste 1 se notam várias diferenças no conjunto de decisões que o SPIRIT gerou¹²⁴, que seriam:

- Manutenção no número de empregados (não contratou ou demitiu);
- Não adoção de horas extras;
- Contratação de empréstimo de giro com prazo de pagamento médio;
- Nenhum investimento no imobilizado e financiamento para a obtenção do mesmo;
- Volume de compras de insumos no fornecedor F2 de menos de 53 % do que havia sido adquirido na aplicação original;
- Não concessão de prazo para pagamento à prazo ou de desconto para pagamento a vista; e,
- Todos os preços praticados sendo a média do período 1, enquanto que a equipe 1 original havia praticado preços em torno de 1 unidade monetária acima.

Como o SEPADO utilizou pouca informação no seu *Alpha-Learning*, houve um aumento dos lucros da concorrência (tabela 3.1), uma vez que a diminuição do lucro da empresa 1 ocorreu principalmente da diminuição dos preços de venda em relação aos cobrados sem o SEPADO (tabela 3.2) e da redução em sua capacidade de produção.

Tabela 3.1 - Lucros / Volume de Vendas após o 2º período da Aplicação (Teste 1 - Empresa 1)

		Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5
Lucros Acumulados	Com SEPADO	1.419	8.238	9.478	8.416	9.935
	Sem SEPADO	6.667	8.958	7.501	8.426	10.263
Volume Vendas ¹²⁵	Com SEPADO	5.050	6.060	6.180	6.052	6.060
	Sem SEPADO	6.247	6.060	5.991	5.867	5.942
Volume Produção	Com SEPADO	5.050	6.060	6.250	6.250	6.060
	Sem SEPADO	7.272	6.060	6.250	6.250	6.060

Tabela 3.2 - Preços Médios por Mercado após o 2º período da Aplicação (Teste 1 - Empresa 1)

		Mercado 1	Mercado 2	Mercado 3	Mercado 4	Mercado 5	Mercado 6
Preço Médio por Mercado	Com SEPADO	18,4	18,4	18,5	18,4	18,4	18,5
	Sem SEPADO	18,6	18,6	18,7	18,6	18,6	18,8

Passou-se então para o próximo período, onde se descobre que o SPIRIT não aceitaria jogadas com $AMB_FATOR_KANITZ_PERANT=penumbra$, figura 3.4.

¹²⁴ Na verdade foram todas diferentes da aplicação original.

¹²⁵ Unidades Vendidas.

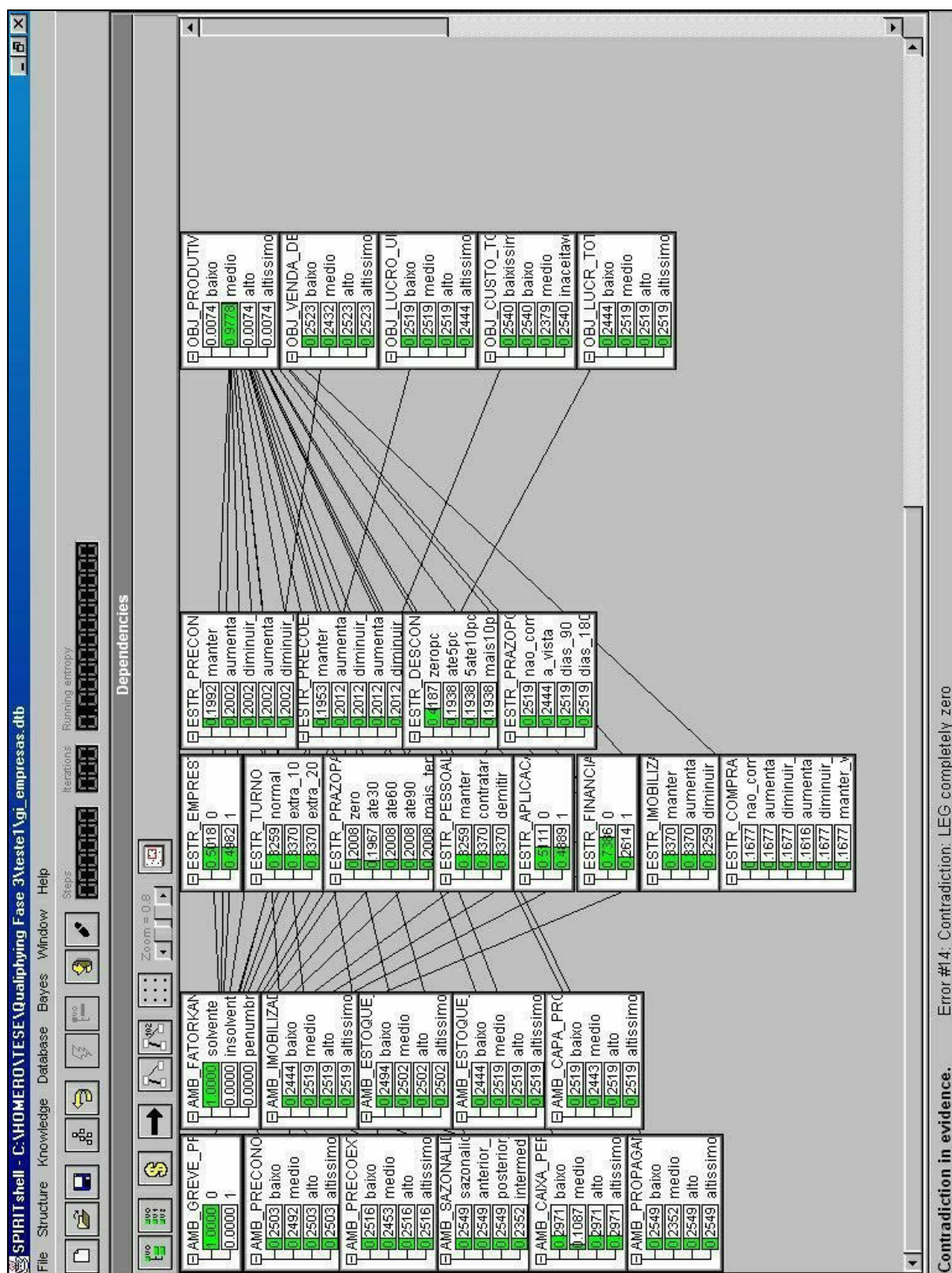


Figura 3.4 - Erro no SEPADO - Contradição na Base Amostral

O que ocorreu foi que uma vez que não existiam ocorrências no arquivo original onde as empresas estivessem na região de penumbra (*Kanitz*), e com $OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = altissimo$ o SPIRIT não permitiria que fossem aceitas tentativas de ativar as mesmas, desta forma o SEPADO não poderia funcionar. Ou seja, de

acordo como fora pré-setado, o SPIRIT corretamente supôs que tal evento era uma contradição, logo improvável de ocorrer¹²⁶. Isto é o mesmo que havia ocorrido no caso anterior (teste 1) quando qualquer tentativa de instanciamento *OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER* = *altissimo* não era aceita pelo sistema, só que desta vez agravado pelo fato de também o Fator de Kanitz não existir como penumbra na amostra.

Teste 2

Como resolver este problema? Sem fazer com que o SPIRIT aceitasse ocorrências que não estavam presentes na base amostral o SEPADO não funcionaria.

Para tanto foi lembrado um detalhe da implementação do mecanismo de entropia do SPIRIT. O mecanismo depende inteiramente do grau de confiança ou certeza dado à nova informação obtida pela leitura da base amostral (*Alpha-Learning*)¹²⁷, ou seja, ele considera esta base entre 0 e 1:

- Com **0** despreza a base totalmente; e,
- Com **1** ignora a informação, probabilidades à priori passada pelo especialista, ou anteriormente obtida via análise de outra amostra. No caso, para o SEPADO a informação do especialista é nula, ou praticamente nula, por isto se informa a distribuição uniforme como base inicial.

Desta forma o problema na verdade se resumia a determinar uma forma de acertar qual o α que realmente deveria ser utilizado pelo SPIRIT na leitura da base amostral.

Voltou-se então a análise dos fatos. Se for utilizada uma base amostral qualquer para "acertar" as probabilidades fornecidas pelo especialista¹²⁸ então o valor mínimo que α deve possuir (qualquer que seja o tamanho desta amostra) deve ser de pelo menos **0.5** para que este novo conhecimento trazido pela amostra tenha algum efeito positivo real no sistema, ou seja, caso:

$$n_{amostral} \geq 0 \Rightarrow \alpha \geq 0.5$$

Mas qual é o valor que torna o $\alpha = 1$, i.e., a partir de que tamanho de amostra¹²⁹ se considerará somente a base amostral e se desprezará totalmente o conhecimento das

¹²⁶ Não impossível, área que está ligada aos sistemas fuzzy.

¹²⁷ Utiliza-se o símbolo matemático α para expressar esta função deste ponto em diante.

¹²⁸ No caso do SEPADO com a amostra se força o desvio da distribuição uniforme para o mais próximo da distribuição real (que não se sabe qual é).

¹²⁹ Não se pode esquecer que aqui não importa o tamanho da população, pois a mesma é presumidamente infinita.

probabilidades informadas pelo especialista? E qual é a função que descreve este intervalo de α entre 0.5 e 1?

Como se supõe que somente com uma amostra relativamente grande se terá "certeza" de que o SPIRIT poderá "desprezar o especialista humano" (para fins desta tese a distribuição uniforme) utilizou-se 1000 como o valor superior da série. A teoria do intervalo de confiança para o tamanho de uma amostra supõe que o valor é muito elevado para uma certeza de 100 %, o que não se poderia utilizar. Neste sistema, com o conjunto de variáveis do primeiro grupo de teste, o valor passa de $2,08E^{16}$ combinações de eventos possíveis para o caso de se simular uma distribuição uniforme perfeita.

Agora o outro problema: "Qual é a função que define α baseando-se no tamanho da amostra?"

Adicionou-se então uma nova suposição, a de que qualquer que fosse o tamanho da amostra, se a mesma fosse igual a ou maior do que 50% do limite superior (o valor superior da série aqui utilizado é 1000, ou seja, qualquer amostra maior ou igual a 500 elementos) teria de ter um $\alpha \geq$ do que 0.75 (que é a metade do intervalo entre 0.5 e 1), este valor na verdade deveria ser bem maior. Formulou-se uma tabela para determinar este valor (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 - Sistemática para determinação de α

Tamanho da Amostra (elementos)	Proporção	Proporção Corrigida	α
0	0	0	0.5
500	0.5	0.75	0.87
1000	1	1	1

O que se supõe é que o meio (0.5) dos valores possíveis para o tamanho da amostra deva ser equivalente na verdade à 75% , ou seja $\frac{3}{4}$, ou 0.5 mais a sua metade, 0.25. Quanto maior a amostra, mais significativa ela é para se estabelecer a distribuição real.

Inicialmente foi determinado o valor aproximado do α como 0.68 (totalmente por aproximação), sem utilizar a fórmula que foi desenvolvida depois, para inicialmente testar se a suposição estaria correta. Não adiantaria desenvolver a fórmula precisa se todo o raciocínio que levou a ela não fosse correto (ou próximo disso).

Recalculou-se o SEPADO com este novo α e se obtiveram os resultados que são comentados a seguir.

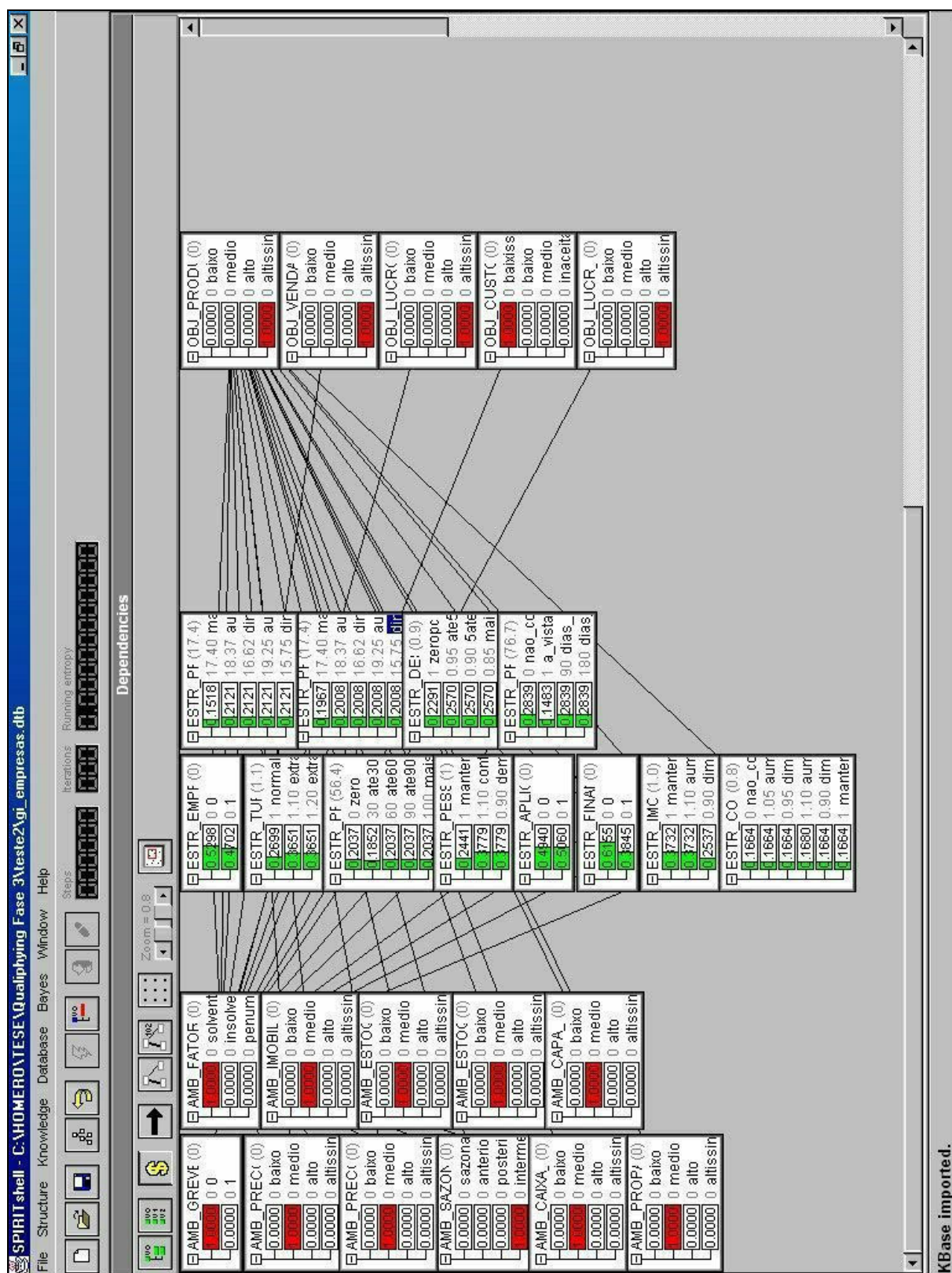


Figura 3.5 - Decisões da empresa 1 para o período 2 (2º Teste do SEPADO)

Comparando-se os dados do Relatório Confidencial da empresa 1 para o período 2 original e teste 1, com o teste 2 se notam outras diferenças daquelas que o teste 1 apresentou:

- Adoção de horas extras (carga de 10%);
- Realização de aplicação da "sobra" de caixa. Única, até o momento, que havia notado esta disponibilidade para aplicação, nem na aplicação original nem no teste 1 tal decisão ocorreu;
- Volume de compras de insumos no fornecedor F2 ainda menor do que havia sido adquirido no teste 1, com o mesmo prazo de pagamento da aplicação original;
- Concessão de prazo para pagamento à prazo e de desconto para pagamento a vista, maiores do que na aplicação original.

Tabela 3.4 - Venda / Demanda após o 2º período da Aplicação (Teste 2 - Empresa 1)

		Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5
Venda / Demanda ¹³⁰	Com SEPADO	0,778312	0,894222	0,932393	0,929482	0,923653
	Sem SEPADO	0,913637	0,891684	0,911714	0,910759	0,911300
Volume Produção	Com SEPADO	5.555	6.060	6.250	6.060	6.060
	Sem SEPADO	7.272	6.060	6.250	6.250	6.060
Lucros Acumulados	Com SEPADO	-5.755	8.954	10.529	10.379	10.826
	Sem SEPADO	6.667	8.958	7.501	8.426	10.263
Liquidez Geral	Com SEPADO	0,30	0,35	0,36	0,45	0,29
	Sem SEPADO	0,44	0,81	0,40	0,87	0,63
Endividamento com Terceiros ¹³¹	Com SEPADO	48,30	49,63	52,24	57,17	48,50
	Sem SEPADO	39,39	64,00	47,63	55,29	58,94

Tabela 3.5 - Preços e Propaganda Médios por Mercado após o 2º período da Aplicação (Teste 2 - Empresa 1)

		Mercado 1	Mercado 2	Mercado 3	Mercado 4	Mercado 5	Mercado 6
Propaganda por Mercado	Com SEPADO	3,2	2,8	3,0	2,8	2,8	3,4
	Sem SEPADO	3,2	2,8	3,0	2,8	2,8	3,4
Preço Médio por Mercado	Com SEPADO	18,4	18,4	18,5	18,4	18,4	18,5
	Sem SEPADO	18,6	18,6	18,7	18,6	18,6	18,8

Ocorreu uma redução ainda maior na lucratividade da empresa, tornando-se um prejuízo, ocorreu da mesma forma um aumento do volume do endividamento tanto no curto como no longo prazo, aparentemente ocorreu também um ajuste melhor no volume de estoques requeridos pela produção, que novamente ficaram zerados, ou seja, o problema

¹³⁰ Avaliação do Marketing.

¹³¹ Participação (%) no Capital Total.

aqui não é o preço elevado, provavelmente o contrário; bem como ocorreu nova redução no volume de matéria-prima disponível para o próximo período.

É interessante notar que a empresa tomou de forma expressiva os mercados no volume de vendas como no teste 1. Também é notável o quesito *Avaliação do Marketing*, uma vez que as vendas não atingiram a demanda, já que a empresa não vem investindo maciçamente em propaganda, somente num perfil de preços diferenciado.

Novamente houve uma redução nos níveis de endividamento. A liquidez caiu bastante, bem como a rentabilidade se tornou negativa, pois a empresa não apresentou lucro.

Passa-se então ao final da série, repetindo para todas as jogadas o que foi feito para a 2ª, apresentase então o período 10 e os seus resultados Decisões apresentadas na figura 3.6..

Comparando-se os dados do Relatório Confidencial da empresa 1 para o período 10 original com o teste 2 se destacam diferenças entre os dois:

- Adoção de horas extras diferentes;
- Realização de aplicação da "sobra" de caixa. Sendo que diferente do período 2, não seria interessante esta aplicação pela possibilidade da disponibilidade de caixa na redução dos empréstimos que isto possibilitaria;
- Volume de compras de insumos no fornecedor F2 visivelmente inferior a aplicação original;
- Concessão de prazo para pagamento à prazo e de desconto para pagamento a vista, maiores do que na aplicação original; e,
- Não realização de investimentos, mesmo que de compensação à depreciação, no imobilizado.

Comparando-se em uma 1ª análise o 10º período (tabela 3.6) sem o SEPADO contra o mesmo período com o uso da ferramenta se chegaria a conclusão de que a mesma atrapalhou mais do que ajudou a empresa 1, já que ao final do 10º período, comparado com o GI-EPS sem o SEPADO a empresa apresentava melhor lucro, uma diferença de mais de 100.000 unidades monetárias; mas apresentava também maiores índices de endividamento, não podendo sequer realizar aplicações no mercado financeiro. Situação interessante, uma vez que olhando somente para o lucro se poderia chegar a conclusão de que o uso do sistema não trouxe melhora significativa. Mas se deve atentar para as outras empresas.

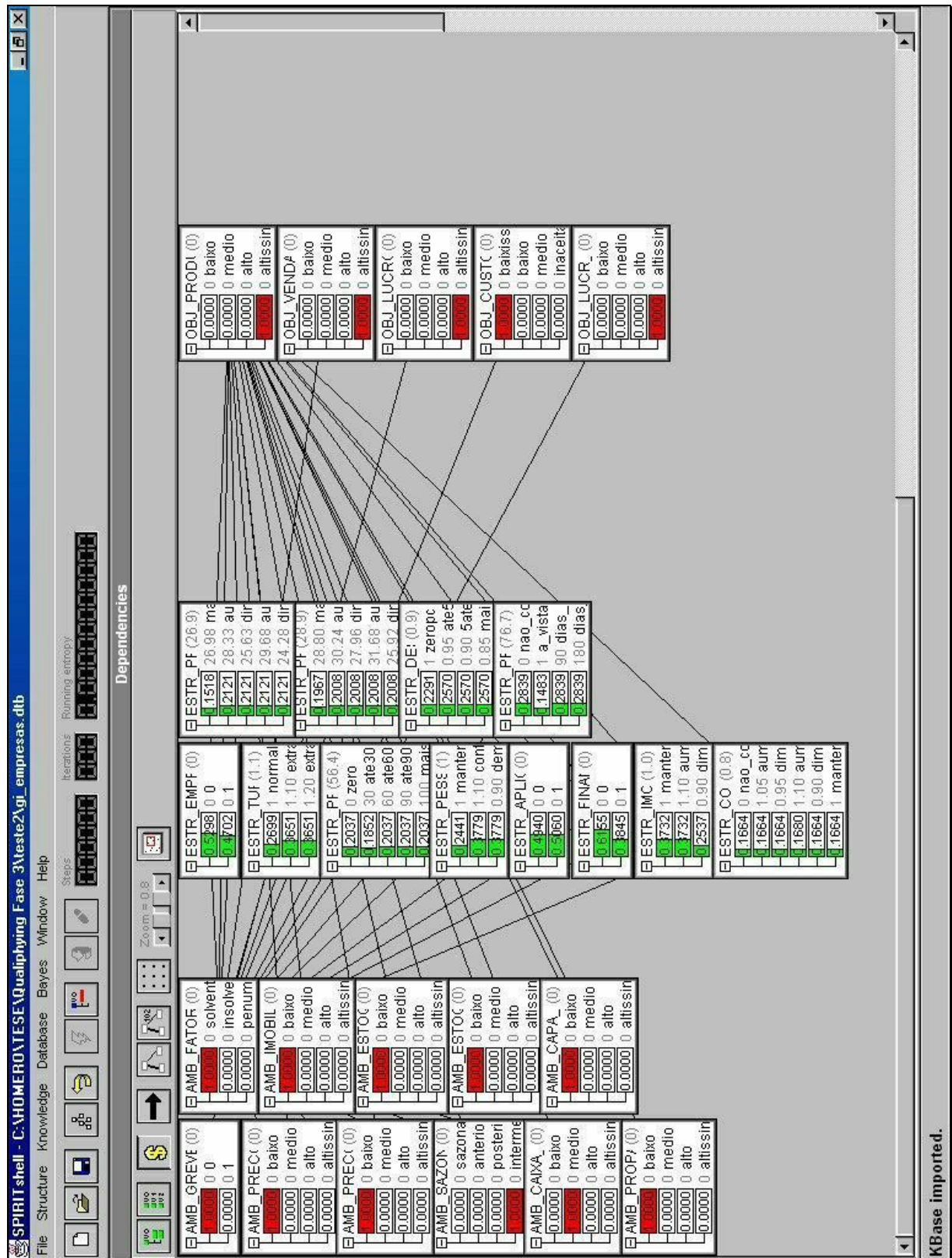


Figura 3.6 - Decisões da empresa 1 para o período 10 (2º Teste do SEPADO)

Tabela 3.6 - Lucros e diversos após o 10º período da Aplicação (Teste 2 - Empresa 1)

		Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5
Volume Vendas	Com SEPADO	4.054	9.164	8.675	7.136	13.322
	Sem SEPADO	5.698	8.771	8.213	7.054	12.397
Volume Produção	Com SEPADO	5.500	7.224	9.436	8.481	9.869
	Sem SEPADO	9.629	7.224	9.436	8.481	9.219
Lucros Acumulados	Com SEPADO	14.091	109.479	103.782	100.485	192.237
	Sem SEPADO	197.990	120.632	145.603	173.350	208.255
Caixa	Com SEPADO	10.000	221.177	39.371	10.067	10.000
	Sem SEPADO	10.000	226.798	79.788	80.069	117.950
Endividamento com Terceiros ¹³²	Com SEPADO	27,23	64,61	50,10	59,73	63,42
	Sem SEPADO	39,38	64,00	47,63	55,29	58,94
Rentabilidade Empresa	Com SEPADO	3,26	9,46	12,83	10,10	14,28
	Sem SEPADO	24,10	10,33	17,11	16,37	16,82
Liquidez Geral	Com SEPADO	0,36	0,79	0,30	0,75	0,41
	Sem SEPADO	0,44	0,81	0,40	0,87	0,63
KANITZ	Com SEPADO	0,47	1,30	-0,31	3,23	0,53
	Sem SEPADO	-0,24	1,40	0,31	4,60	2,07
Venda / Demanda	Com SEPADO	0,723751	0,904772	1,051815	0,902164	1,049041
	Sem SEPADO	0,958872	0,858797	1,006643	0,879667	0,992706
V/D No Período	Com SEPADO	1,002473	1,002834	1,003018	1,002782	0,984671
	Sem SEPADO	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000

Todas as outras empresas tiveram reduções nos seus lucros, caixas e clientes, devido a empresa 1 ter afetado sensivelmente os volumes de vendas das outras por praticar preços melhores para o mercado, sendo que somente não conseguiu afetar de forma mais drástica seus concorrentes por falta de volume de produção.

A empresa 2 ao final do período 10 apresenta um Balanço muito próximo do que obteve quando não se utilizou o SEPADO, o que indica que o conjunto de decisões da empresa foi melhor do que a média, que SPIRIT não conseguiu captar totalmente por estar muito acima da média (o que supõe um grande desvio padrão na amostra), mostrando também que as decisões da empresa 1 com ou sem o SEPADO não tiveram grande impacto para ela.

¹³² Participação (%) no Capital Total.

As empresas 3 e 4 apresentaram resultados semelhantes entre o uso ou não do SEPADO, sendo possível notar somente uma queda brusca nos seus caixas, que diferenciam entre uma situação e outra.

A empresa 5 é que sofreu mais do que as outras pois teve uma redução mais acentuada no seu CAIXA, o que indica que a mesma teve um conjunto de decisões semelhante ao que o SEPADO propôs para a empresa 1, só que com um ajuste melhor às variações do mercado.

Tudo isto pode ser resultado de uma estratégia "criada" após o SPIRIT analisar o conjunto de dados? Estaria o mesmo buscando vencer os concorrentes com alguma forma de *dumping*¹³³? Qual a prioridade: obter demanda ou buscar lucro? Deve-se supor que a idéia captada pelo SPIRIT seria de conseguir mais e mais mercado, a custa do resto. Os seus resultados infelizmente não foram satisfatórios; talvez faltasse algum ajuste no conjunto de variáveis que aumentasse o número das alternativas que o SEPADO pudesse empregar.

Nos itens relativos ao desempenho é que se percebe o quanto o SEPADO afetou o resultado da empresa 1, ela que ficou entre a 2ª e 3ª classificação quando o GI-EPS foi realizado sem o SEPADO agora só obteve uma melhor colocação no fator custo, aonde chegou em 2º (estava em 3º sem o SEPADO), mas supõe-se que isto se deve novamente a falta de mais dados combinado com o uso do filtro no *Alpha-Learning*, que fez com que o sistema SPIRIT perde-se um pouco da sua "exatidão".

Ao se analisar os itens econômico / financeiros das 5 empresas com e sem o uso do SEPADO notam-se pontos interessantes. Índices como o de Rentabilidade e Liquidez avaliam normalmente o curto prazo, bem como os relacionados à venda / demanda avaliam a produtividade e a eficiência da organização em atender os mercados, atentando-se a fatores como solidez e grau de endividamento, além de tamanho de mercado se verá que a empresa 1 apresenta significativa evolução em indicadores de solidez administrativa como no *fator de Kanitz*¹³⁴, onde antes apresentava um quociente negativo de 0.24 agora apresenta um valor positivo de 0.47, sendo que a maioria das outras empresas teve queda neste índice, principalmente a 3 que passou de 0.31 positivo para -0.31. Este índice é reflexo dos índices de endividamento que para todas as outras empresas cresceu, e por conseguinte suas garantias diminuíram.

Quanto ao tamanho do mercado, deve-se voltar a atenção para os itens *Venda/Demanda* e *V/D no Período* onde se vê que a empresa 1 não conseguiu atender toda

¹³³ Vide Glossário.

¹³⁴ *Índice de Insolvência*, ou seja, qual a capacidade da empresa de saldar os seus débitos.

a demanda do mercado, e conseqüentemente gerar Receita com Vendas; principalmente por que o SEPADO não forçou um crescimento do parque instalado, o SEPADO indicou uma política contínua de horas-extra, que somente onerou os custos da empresa, sem reflexo nas vendas e nas receitas, inclusive diminuindo a produtividade da empresa, apesar de que o índice de renovação dos estoques sempre esteve entre os mais altos, sempre zerava os saldos ao final do período.

Teste 3

Mesmo após o teste 2 restavam dúvidas, realizou-se o teste 3, no qual se utilizou a empresa 2 como teste do SEPADO, será visto qual o efeito do SEPADO em uma das empresas de melhor desempenho na aplicação sem o auxílio de recursos externos.

Comparando-se os dados do Relatório Confidencial da empresa 2 para o período 2 original com o teste 3 as diferenças que se destacam entre os dois são:

- Adoção de horas extras *versus* contratação de novos funcionários diferentes;
- Realização de aplicação da "sobra" de caixa, da mesma forma que para o teste 2;
- Volume de compras de insumos no fornecedor F2 não tão inferior a aplicação original;
- Concessão de prazo para pagamento à prazo e de desconto para pagamento a vista, inexistentes na aplicação original;
- Diferente do teste 2, o preço do mercado externo foi um pouco menor do que a média; e,
- Diferente do teste 2 houve a realização de investimentos no imobilizado, com valores levemente menores tanto para o investimento como para o financiamento.

Tabela 3.7 - Diversos após o 2º período da Aplicação (Teste 3 - Empresa 2)

		Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5
Lucros Acumulados	Com SEPADO	7.377	-5.974	10.300	9.244	10.821
	Sem SEPADO	6.667	8.958	7.501	8.426	10.263
Estoques Produtos Acabados	Com SEPADO	8.819	0	856	2.123	0
	Sem SEPADO	10.626	0	2.578	3.812	1.177

Ocorreu no período 2, o mesmo que para a empresa 1 no teste 2, foi um prejuízo, houve a venda total dos estoques de produtos acabados e aumento da participação nos mercados.

Reproduz-se tanto nos índices de desempenho, como nos índices econômico/financeiros, os mesmos resultados que para a empresa 1 no mesmo período.

Desenvolvem-se todas as jogadas e se analisa a última.

Comparando-se os dados do Relatório Confidencial da empresa 2 para o período 10 original com o teste 3 as diferenças que se destacam entre os dois são:

- Adoção de horas extras *versus* demissão de funcionários;
- Realização de aplicação da "sobra" de caixa, com valores bem inferiores aos realizados na aplicação original. Aplicação de valor mínimo, somente 10.000 unidades monetárias, decisão tomada de forma automática pelo doutorando para facilitar a entrada dos dados no GI-EPS;
- Volume de compras de insumos no fornecedor F2 inferior a aplicação original;
- Concessão de prazo para pagamento à prazo e de desconto para pagamento à vista, inexistentes na aplicação original;
- Diferente da aplicação original houve a realização de investimentos no imobilizado e de seu financiamento a longo prazo;
- Também diferentemente da aplicação original não houve empréstimo de giro, quando na aplicação original parte deste valor foi aplicado; e,
- Valor novamente extremamente alto dos preços no período, para os padrões da aplicação, tanto para os mercados locais quanto para o externo, dificultando novamente as vendas no período.

Tabela 3.8 - Diversos após o 10º período da Aplicação (Teste 3 - Empresa 2)

		Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5
Lucros Acumulados	Com SEPADO	209.937	14.605	132.910	95.977	171.853
	Sem SEPADO	197.990	120.632	145.603	173.350	208.255
Endividamento com Terceiros ¹³⁵	Com SEPADO	36,69	40,07	48,36	60,00	63,55
	Sem SEPADO	39,38	64,00	47,63	55,29	58,94
Rentabilidade Empresa	Com SEPADO	26,07	2,78	15,86	9,70	13,27
	Sem SEPADO	24,10	10,33	17,11	16,37	16,82
Liquidez Geral	Com SEPADO	0,43	0,12	0,37	0,74	0,37
	Sem SEPADO	0,44	0,81	0,40	0,87	0,63
KANITZ	Com SEPADO	-0,23	-0,19	0,31	3,41	0,20
	Sem SEPADO	-0,24	1,40	0,31	4,60	2,07

Notam-se também pequenas diferenças no conjunto de decisões entre as empresas 1 e 2 para o 10º período, diferenças nos prazos para vendas parceladas e nas compras de insumos. Mas também que haviam sutis diferenças no ambiente em que as duas estavam ao final do 9º período. A empresa 1 encontrava-se solvente segundo o *Fator de Kanitz* e a empresa 2 não, por outro lado a empresa 2 operava dentro da média de preços e a empresa 1 abaixo, tanto o preço para os mercados locais como para o mercado externo. O caixa da empresa 1 estava dentro da média, e o caixa da empresa 2 na faixa considerada baixa, abaixo de 95% da média.

¹³⁵ Participação (%) no Capital Total.

Como era de se esperar a empresa teve resultados semelhantes à empresa 1 quanto ao lucro obtido, ocorre que surgem variações nos resultados de avaliação dos índices econômico / financeiros, em que a empresa saiu-se pior do que a empresa 1 com o uso do SEPADO. O que indica que o sistema tem influência sim sob os resultados; no momento eles eram piores do que os sem o auxílio do SEPADO, mas ainda assim tem sua utilidade como pesquisa.

Teste 4

Inicialmente seriam testadas todas as outras três empresas, mas diversos fatores tornaram desinteressante tal idéia.

O 1º foi uma nova versão do SPIRIT, que ficou disponível no site da equipe de desenvolvimento na Alemanha, tornando necessária (ou pelo menos indicada) uma alteração do programa base para desenvolvimento do SEPADO.

O 2º foi que se resolveu aprofundar o escopo de regras do SEPADO, uma vez que considerou-se o conjunto inicial das mesmas ainda muito superficial¹³⁶, de maneira que não havia ainda identificado-se a exceção da variável com uma instância que ocorre mais de 95% dentro da amostra toda.

Pretendia-se inicialmente implementar e testar esta extensão na empresa 3; ao realizar a inserção dos dados se determinou a necessidade de fazer o teste do passo 8. (item 3.2.2) pois surgiu o erro da figura 3.8.

Tal ocorre pois o SPIRIT para fins de eficiência de análise rejeita uma LEG composta por mais do que 32000 inter-relacionamentos (combinações).

A regra rejeitada foi:

ESTR_PRECOEXTERNO=medio => AMB_ESTOQUE_PA_PANT=baixo, p=0,7

Uma análise mais atenta ao conjunto de respostas do SEPADO colocou outras questões:

"Será que o conjunto de regras utilizado era grande ou representativo o suficiente? Será que o SPIRIT não estaria sofrendo os efeitos negativos de utilizar a distribuição marginal e a entropia ?"

¹³⁶ Prendiam-se somente as regras em torno de 95% de probabilidade dentro da distribuição.

3.2.5 Voltando ao princípio

Conforme se avançava na análise destas informações julgou-se necessário um retorno ao princípio do trabalho, pois um conhecimento agora mais profundo do problema permitia obter de maneira mais correta a sua solução.

A Fórmula

Como foi comentado anteriormente, de nada adiantava determinar a fórmula do *Alpha-Learning* se o raciocínio estivesse incorreto. Portanto somente agora, após uma análise dos resultados dos primeiros testes se pode "*tentar*"¹³⁷ à criação desta fórmula. Buscava-se desenvolver uma fórmula cujo resultado fosse próximo ao comportamento de uma curva do tipo senóide. Sendo que a preferência recaia sobre a curva normal ou Gaussiana.

Ao se analisar inicialmente cada variável da amostra de forma isolada, utilizam-se, normalmente, os quantificadores estatísticos básicos (moda, média e mediana), que caracterizam a distribuição dos atributos dentro da variável. Dentre estes a mediana é a mais poderosa. Uma vez que permite reconstruir, mesmo que de forma aproximada, o comportamento da distribuição da variável na amostra. Isto é possível devido ao *Teorema do Limite Central*, que define que uma amostra com tamanho igual ou superior à vinte elementos¹³⁸ segue o comportamento de uma curva do tipo normal ou Gaussiana. A maneira usual para recriar-se esta curva envolve a determinação da mediana e do desvio padrão da variável na amostra. Este desvio padrão é o resultado da raiz quadrada da variância; sendo que a variância é determinada pela média entre as diferenças dos diversos valores na amostra e a mediana¹³⁹.

A raiz quadrada, no caso, é a chave que foi considerada para a criação desta primeira versão da fórmula, uma vez que além de ser fácil o seu cálculo, permite o comportamento de aproximação dos extremos da função para os valores mais próximos dos mesmos e um comportamento quase linear quando os valores estão numa região mais central. Devido ao uso da raiz quadrada a fórmula realiza um arredondamento um pouco mais para baixo do que a aproximação que foi utilizada nos testes iniciais.

¹³⁷ Não é a fórmula final, novos trabalhos deverão ser realizados para o refinamento da mesma.

¹³⁸ Não existe consenso quanto ao valor. De acordo com diversos autores, este valor mínimo pode variar de 20 até 50 elementos.

¹³⁹ Elemento central da amostra.

$$\alpha = \left(0.5 * \sqrt{\frac{n}{N}} \right) + 0.5$$

Onde:

- n = tamanho da amostra; e ,
- N = limite superior de amostras necessárias para $\alpha = 1$.

No caso da amostra que se estava utilizando, para $N = 1000$ elementos, o desenvolvimento seria o seguinte.

$$\begin{aligned}\alpha &= \left(0.5 * \sqrt{\frac{45}{1000}} \right) + 0.5 \\ \alpha &= \left(0.5 * \sqrt{0.045} \right) + 0.5 \\ \alpha &= \left(0.5 * 0.21213 \right) + 0.5 \\ \alpha &= 0.10606 + 0.5 \\ \alpha &= 0.60607\end{aligned}$$

Uma vez que o α por aproximação ficou em 0.68, julgou-se que este fosse mais um motivo para refazer os testes.

SPIRIT 3 - 0.9.8.8

Um dos motivos que justificava uma nova rodada de testes foi a nova versão do SPIRIT, que passo de 0.68 para 0.9.8.8, para manter a homogeneidade do processo¹⁴⁰, vide a figura 3.11.

Esta nova versão veio a substituir a versão 0.68, sendo que o seu uso obriga a reescrita do conjunto de regras utilizado na versão anterior. SPIRIT internamente é na verdade um *solucionador* de equações lineares (vide sub-item 2.6.2). Desta maneira, internamente para a equipe era mais interessante, no momento em que SPIRIT mudava de versão, realizar a troca de notação que passou da tradicional forma *SE*->*ENTÃO* típica dos SE em geral, para a forma $x : a + b$, ou seja, passou para uma forma mais próxima da linguagem matemática, que a equipe estava mais acostumada.

Ampliando as Regras

Havia sido detectado um problema no conjunto resposta que o SEPADO estava gerando, conforme pode ser visto na figura 3.10.

Este problema é a igualdade nas probabilidades esperadas para a maioria das alternativas nas variáveis *ESTR_* com 3 ou mais alternativas possíveis, como *ESTR_TURN0*, em que o valor utilidade 1.1 é consequência direta da combinação das alternativas *normal* com $p=0,2699$, *extra_10* e *extra_20* com $p=0,3651$, ou seja, duas

¹⁴⁰ Vide Glossário.

alternativas com valor de p igual, e este padrão se repetindo em todas as variáveis ESTR_ que são a conclusão que SPIRIT fornece para o SEPADO.

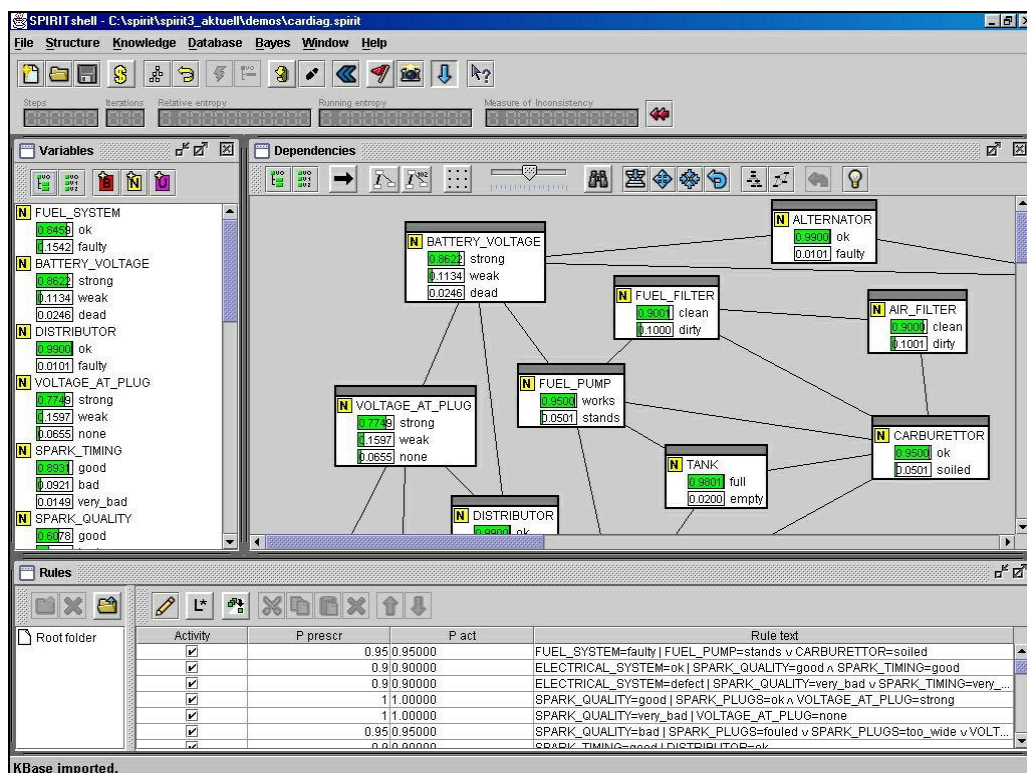


Figura 3.11 - SPIRIT 3 - Versão 0.9.8.8

Isto ocorre pela própria forma como o SPIRIT constrói o conjunto de LEG baseado no mecanismo de entropia¹⁴¹, ao utilizar uma aproximação da seguinte fórmula¹⁴²:

$$p_{regra_desconhecida} = \frac{(1 - \sum p_{regras_corhecidas})}{n_{regras_desconhecidas}}$$

Cada regra deve ser considerada nesta fórmula como uma das combinações possíveis das variáveis na matriz que a LEG representa.

Desta maneira, o uso do modelo de distribuição marginal sem que o correto conjunto de regras esteja montado gera um novo problema, o da qualidade do valor utilidade obtido, que não é o mais correto possível.

Este novo problema se baseia no fato de que a probabilidade que o SPIRIT calcula para a alternativa principal (fornecida pelas regras ativas) está correta, mas os valores individuais de probabilidade para cada uma das outras alternativas secundárias (fornecida pelo cálculo de entropia) não, eles são uma distribuição homogênea demais em certas situações para que seja possível calcular o valor correto da utilidade, que é o que se busca

¹⁴¹ Combinações passivas, ou seja, que não foram explicitamente fornecidas via regras ou fatos e desta maneira são calculadas por aproximação (entropia) pelo SPIRIT, conforme explicado em 2.6.2.

¹⁴² A fórmula é de uma complexidade muito maior, vide trabalhos de Rödder na bibliografia.

alguma das vezes, como por exemplo no cálculo de qual é o valor do preço que deverá ser praticado para o mercado externo.

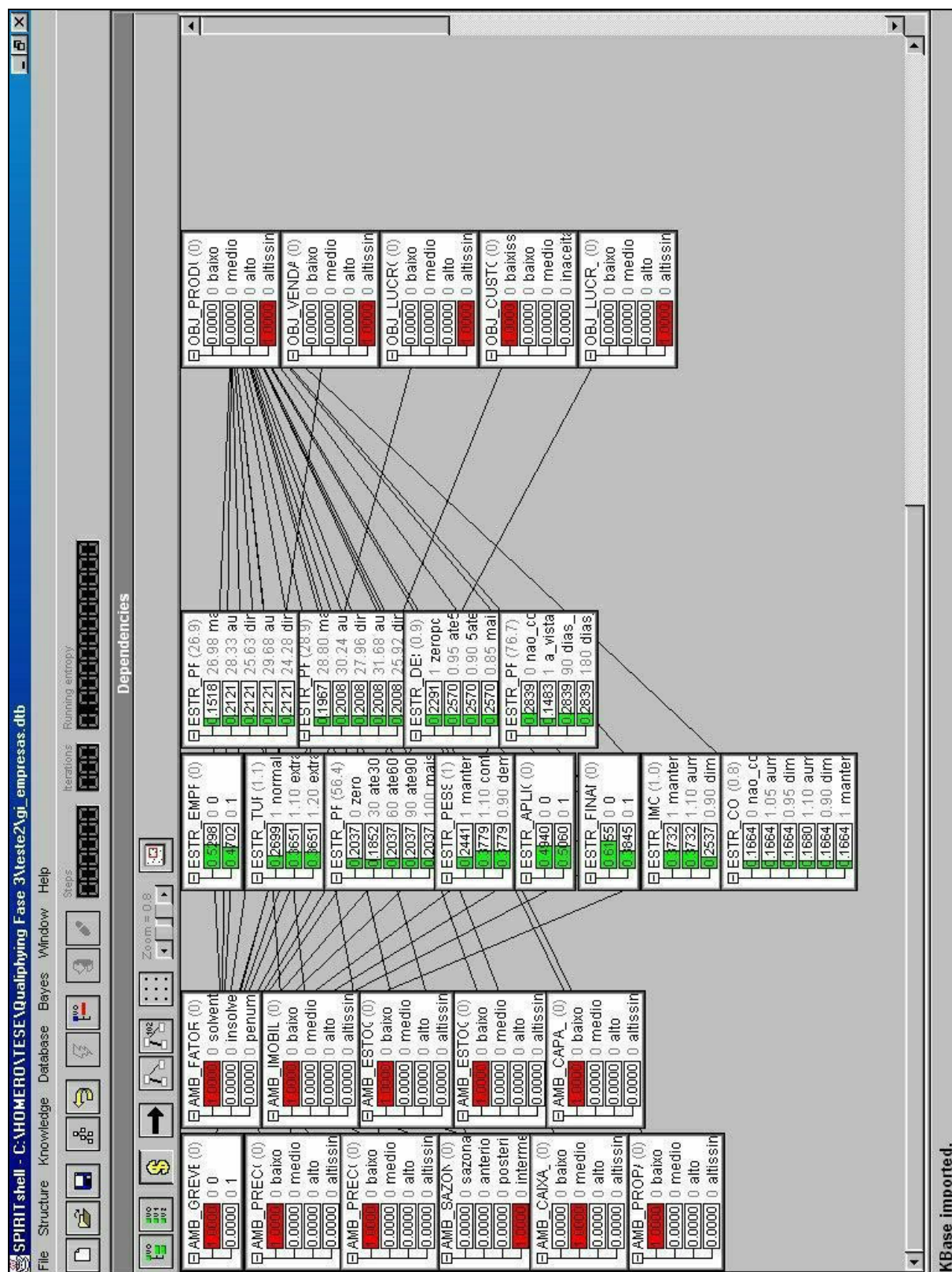


Figura 3.10 - Decisões da empresa 1 para o período 10 (2º Teste do SEPADO)

Nesta variável ESTR_ o valor de probabilidade para a alternativa de valor médio é de 0.1967, enquanto que para as outras quatro alternativas é de 0.2008, o que é algo difícil de

acreditar, pois se supõem que cada uma das outras alternativas tem um valor de probabilidade diverso, dado que cada uma delas tem ou sofre uma influência diferente sobre o preço final.

Desta maneira considera-se que a melhor maneira de contornar este novo problema seria adicionar regras ao modelo do SEPADO. Estas regras partiriam da idéia que utilizando o mesmo nível de "*decapagem*" (vide a descrição do método no sub-item 3.2.2) das regras para as alternativas principais inicialmente definidas se obteriam regras suficientes para criar o sistema.

Com esta idéia em mente foi adicionado o conjunto de regras extra (apêndice 2), que aumentou consideravelmente a quantidade de regras, além do tempo de processamento para entropia do sistema¹⁴³, também comentado no sub-item 3.2.2. A adição destas novas regras é conceitualmente simples, mas de prática demorada. Toma-se o processo de inserção de regras, sub-item 3.2.2.. Após a realização do processo inicial a decapagem se situa em 70%. Com este valor em mãos é repetido o processo a partir do item **3**, sendo que a filtragem foi realizada para todas as alternativas (atributos) que dispunham de pelo menos 3 ocorrências na amostra¹⁴⁴. Condensaram-se os passos **4**, **5** e **6** do método pois o valor era fixo em 0.7 (existia ou não). O passo **7g** do processo, a partir de 300 regras no modelo, não era mais computacionalmente aceitável¹⁴⁵. Os passos **9** e **11** são desnecessários.

Teste 4 Novamente

Com todas as mudanças que foram realizadas até este ponto do sistema foram refeitos novamente os testes com as mesmas empresas anteriores, utilizando a nova versão do SPIRIT.

Nota-se que houveram mudanças nos valores utilidade (valores precedidos por um símbolo de \$) e nas distribuições de probabilidade para as variáveis ESTR_ que o SEPADO analisou, comparativamente à versão anterior (figura 3.11).

As distribuições ficaram menos homogêneas, o SEPADO possui agora mais informação (ou pelo menos mais regras para cruzar informação) que permitem que o SPIRIT gere valores mais confiáveis e mais efetivos na aplicação.

¹⁴³ Antes era de $1.0E-9$ o fator utilizado para o cálculo de erro da aproximação da entropia das probabilidades das regras, passando para $1.0E-5$ para permitir o cálculo de entropia dentro de uma faixa de tempo aceitável (≤ 1 minuto), em um Pentium III 450, 128 MB RAM.

¹⁴⁴ O esforço para quantidades menores só se justifica com a realização do processo através de um programa de computador.

¹⁴⁵ Muito tempo de processamento para convergir a entropia em um Pentium III 450, 128 MB RAM, no modo de reconstrução direta a partir da leitura somente do arquivo de regras.

Comparando-se os dados do Relatório Confidencial da empresa 1 para o período 2 original, teste 1 e teste 2 com o teste 4 se destacam as seguintes diferenças:

- 20% de horas extras, contratação de 1 novo funcionário;
- Não volta a ocorrer a aplicação da "sobra" de caixa;
- Diferentemente do teste 2 é feito um empréstimo tanto para capital de giro, bem como para financiamento da aquisição de imobilizado; e,
- Os preços praticados nos mercados ficam abaixo das médias do período 1.

Ocorreu novamente a redução na lucratividade da empresa, tornando-se um prejuízo vide tabela 3.9, o que não diferenciou muito dos testes 1 e 2, sendo que ocorreu uma redução não muito significativa nos valores de lucro / prejuízo de todas as empresas, novamente o uso do SEPADO teve influência. Até agora se pode considerar que as novas regras no SEPADO causaram mudanças residuais.

Tabela 3.9 - Preços Médios por Mercado após o 2º período da Aplicação (Teste 4)

		Mercado 1	Mercado 2	Mercado 3	Mercado 4	Mercado 5	Mercado 6
Preço Médio por Mercado	Teste 4	18,4	18,4	18,5	18,4	18,4	18,3
	Teste 2	18,4	18,4	18,5	18,4	18,4	18,5
	Sem SEPADO	18,6	18,6	18,7	18,6	18,6	18,8
Preço Equipe 1 por Mercado	Teste 4	17,37	17,37	17,37	17,37	17,37	16,63
	Teste 2	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5
	Sem SEPADO	18,41	18,41	18,41	18,41	18,41	18,70

Se vislumbrou uma tomada dos mercados, pois seus preços e condições de pagamento tornaram a empresa 1 a mais atraente para o mercado consumidor.

Comparando-se os valores de avaliação com os do teste 2 e da aplicação sem o uso do SEPADO¹⁴⁶ (aplicação original), nota-se que a empresa 1 não tinha, com ou sem o uso do SEPADO, uma colocação melhor no ranking no 2º período, deve ficar claro que sem o uso do SEPADO ela não chegou a ter prejuízo mas a sua classificação continuava a mesma.

Ocorre que agora a empresa 1 voltou a ser a 1ª em termos de produtividade, sinal que esta versão do SEPADO se ajustou melhor neste item, apesar de que no quesito Marketing, continuou se saindo mal. Acredita-se que isto é resultado de um efeito colateral "perverso", mas não intencional de se avaliar o equilíbrio dos fatores de produção com os fatores de Marketing, premiando o gestor que conseguir ajustar o volume de demanda de produtos da sua empresa, com a capacidade real de oferta dos mesmos, totalmente dependentes da Gerência de Produção. O que ocorre é que a empresa 1 (pelas decisões que o SEPADO fornece) gera uma expectativa de benefício para o mercado com as suas

¹⁴⁶ Considera-se a comparação com o teste 1 desnecessária uma vez que o mesmo apresentou os problemas, já comentados, que forçaram o teste 2.

condições de preço e pagamento que supera em muito o que pode ser fornecido, novamente aqui é o caso de um conjunto de decisões que o SEPADO calcula.

Do ponto de vista financeiro resultou uma mudança para a empresa 1, tanto na versão anterior como sem o uso do SEPADO não passava da 4ª colocação neste período. Mesmo com os prejuízos do período o seu diferencial de custo foi melhor inclusive que sem o uso do SEPADO, esta tendência continuou a melhorar no decorrer da aplicação.

Nota-se que os índices econômico / financeiros, pelo menos no início da aplicação não sofrem grande influência, exceto sob o ponto de vista da rentabilidade, quanto ao uso ou não do SEPADO na definição da estratégia.

Comparando-se as decisões da empresa 1 para o período 10 original e do teste 2 com o teste 4 (figura 3.12) se destacam as seguintes diferenças:

- Adoção de horas extras como na aplicação original;
- Não realizar aplicação da "sobra" de caixa;
- Volume de compras de insumos no fornecedor F2 na metade do valor da aplicação original, e muito superior ao teste 2; e,
- Realização de um investimento mínimo, sem levantar um financiamento.

Tabela 3.10 - Diversos após o 10º período da Aplicação (Teste 4 - Empresa 1)

		Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5
Lucros Acumulados	Teste 4	-35.544	114.323	25.853	14.340	108.343
	Teste 2	14.091	109.479	103.782	100.485	192.237
	Sem SEPADO	197.990	120.632	145.603	173.350	208.255
Caixa	Teste 4	10.000	221.613	10.000	19.600	140.847
	Teste 2	10.000	221.177	39.371	10.067	10.000
	Sem SEPADO	10.000	226.798	79.788	80.069	117.950

O SEPADO, mesmo nesta versão, continua causando perturbações interessantes no conjunto dos resultados. A empresa teve um "enorme" prejuízo acumulado ao final do período 10, neste teste, em comparação com o teste 2 e a aplicação original. O que de certa maneira determinaria que o sistema "piorou" com o aumento de informação fornecida. Sendo que a análise da influência que o mesmo causou às outras empresas mostra que ele "dificultou" a vida dos concorrentes, reduzindo os lucros ao final da aplicação, aumentando os seus custos e o endividamento, bem como reduzindo sua liquidez imediata (caixa). É de se notar novamente que neste teste a empresa que menos sofreu os efeitos foi a empresa dois que quase atingiu o lucro de quando a aplicação foi realizada sem a interferência do SEPADO.

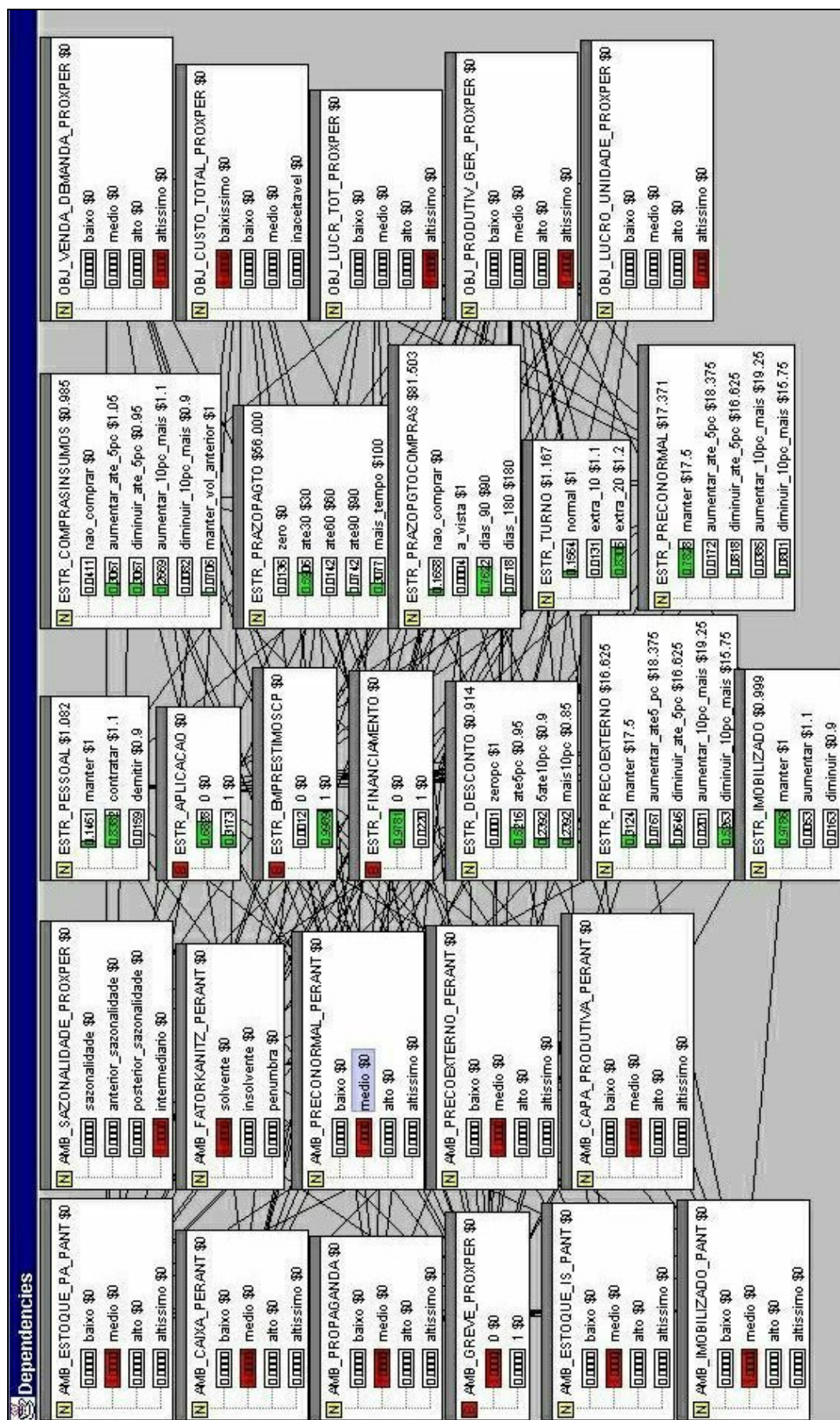


Figura 3.11- Decisões da empresa 1 para o período 2 (4º Teste do SEPADO)

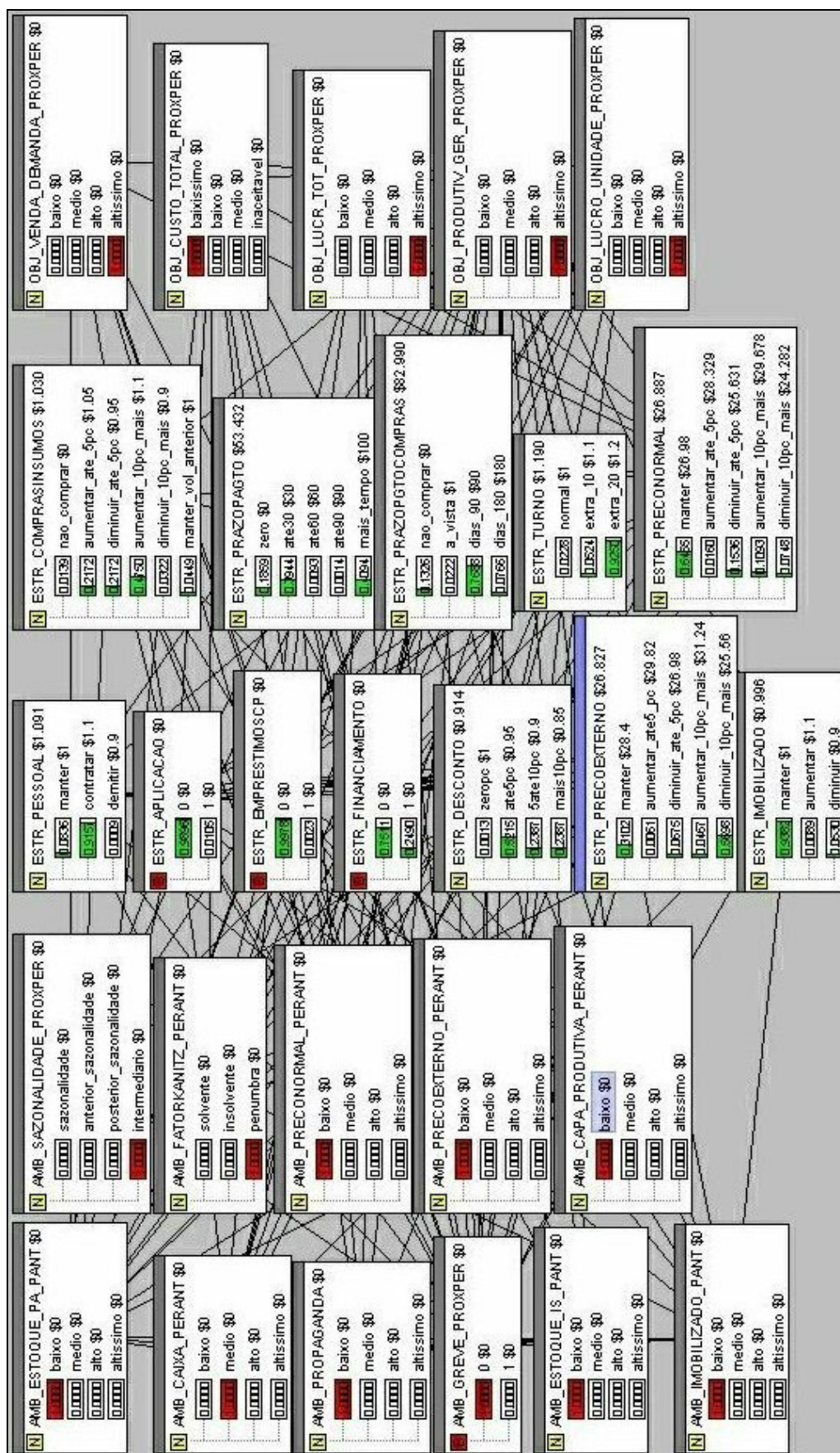


Figura 3.12 - Decisões da empresa 1 para o período 10 (4º Teste do SEPADO)

A análise dos números de desempenho apresentados coloca que houve melhoras em relação à versão anterior do SEPADO, mas continuando bem pior no desempenho comparado com a versão sem o SEPADO.

Teste 5

Um fator intrigante, que surgiu durante a análise dos dados do transcorrer da aplicação era o crescimento da capacidade de produção da mão-de-obra, sem o conseqüente incremento da capacidade produtiva do imobilizado, ou seja, o SEPADO indicou continuamente um crescimento no número de funcionários e o trabalho com horas extras, sendo que o crescimento do imobilizado não ocorria na mesma velocidade, na verdade o crescimento era "negativo". Havia um investimento na compensação da depreciação, mas este era insuficiente para acompanhar o crescimento da mão-de-obra. Este fato gerou durante a aplicação crescentes gastos com "*inatividade*", motivo principal pelo qual surgiram os prejuízos. Esta inatividade causava a "*incapacidade*" da empresa em atender a crescente demanda por produtos gerada pela política agressiva de preço e condições de pagamento, desta maneira ao analisar o transcorrer dos testes realizados se julgou interessante aumentar em 5 vezes o valor inicial do investimento no imobilizado para 50.000 unidades monetárias, bem como um aumento na compras de matéria-prima do fornecedor 2, que dos dois fornecedores de matéria-prima do GI-EPS, é o de menor preço e melhor prazo de pagamento.

Como ocorreu nos testes 2 e 3, não há necessidade de repetir o quadro de decisões para o período 2 inicial desta aplicação de teste, uma vez que é o mesmo do teste 4.

Comparando-se os dados de decisão da empresa 1 para o período 2 teste 4 com o teste 5 nota-se que houveram somente as alterações previsíveis com o aumento do investimento e das compras, não havendo nada que refletisse alguma grande mudança. Observa-se inicialmente que, a nível de balanço houve um pequeno acréscimo do prejuízo, bem como um aumento do endividamento da empresa 1, devido a este aumento nos investimentos em imobilizado e uma compra maior de insumos para a produção.

Esta aparente piora é somente isto, uma aparência, com o transcorrer da aplicação os valores para a empresa 1 tendem a melhorar substancialmente. Como foi utilizado o mesmo conjunto de decisões, para a mesma situação de início, os resultados do desempenho da empresa 1 para o período ao nível de ranking se mantiveram os mesmos do teste 4, com mínima variação dos valores devido ao aumento nos dispêndios com o Imobilizado e Insumos.

Diferentemente do teste 4 os valores dos índices apresentaram queda com valores maiores em todos os itens, para todas as empresas. Isto continua confirmando que o

SEPADO serve pelo menos como um estimulador da competição dentro da aplicação, colocando um item a mais para as equipes, competir entre si e contra um programa com desempenho dentro de áreas de risco. Deve-se lembrar que isto é um comportamento derivado do tamanho pequeno da base amostrar inicial, o que favorece este comportamento voltado para o risco.

Durante o desenrolar da aplicação notam-se os efeitos do aumento no imobilizado e nos insumos, principalmente o efeito do aumento inicial no investimento no imobilizado, com sucessivos aumentos nos lucros por período, quase sempre liderando o volume de vendas.

Comparando-se os dados de decisão da empresa 1 para o período 10 teste 4 com o teste 5 se destacam as seguintes diferenças:

- Valor do desconto para compras a vista é a metade do teste 4; e,
- Preços ainda maiores do que no teste 4, mais próximos do que foram na aplicação original.

Tabela 3.11 - Diversos após o 10º período da Aplicação (Teste 5)

		Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5
Lucros Acumulados	Teste 5	25.361	94.282	24.067	19.934	107.712
	Teste 4	-35.544	114.323	25.853	14.340	108.343
	Teste 2	14.091	109.479	103.782	100.485	192.237
	Sem SEPADO	197.990	120.632	145.603	173.350	208.255
Caixa	Teste 5	10.000	194.639	10.000	24.642	122.235
	Teste 4	10.000	221.613	10.000	19.600	140.847
	Teste 2	10.000	221.177	39.371	10.067	10.000
	Sem SEPADO	10.000	226.798	79.788	80.069	117.950

O resultado obtido ao final da aplicação é muito melhor do que se esperava, ela volta a ser lucrativa. Em termos de valores absolutos nem chega perto do que ocorreu com a aplicação sem o SEPADO, mas em termos relativos os valores colocaram a empresa 1 na 3ª colocação no item lucratividade, quase repetindo o resultado original. A empresa melhorou muito no quesito lucratividade total (de último para 3º), manteve-se como a melhor em produtividade (1º lugar), novamente em último em marketing¹⁴⁷, e em 4º no financeiro.

Comparando-se com o teste 2 e com a aplicação original, no quesito lucratividade, ainda não conseguiu atingir a mesma colocação original, superando o resultado do teste 2, último lugar, só que desta vez com lucro. Do ponto de vista da produtividade os testes 4 e 5 foram melhores que o 2 e a aplicação original, mantendo sempre a 1ª colocação em produtividade. No marketing os parâmetros (regras + probabilidades) em uso no SEPADO não atingiram o grau de sintonia necessária, sempre em último.

¹⁴⁷ Já se comentou o por que disto.

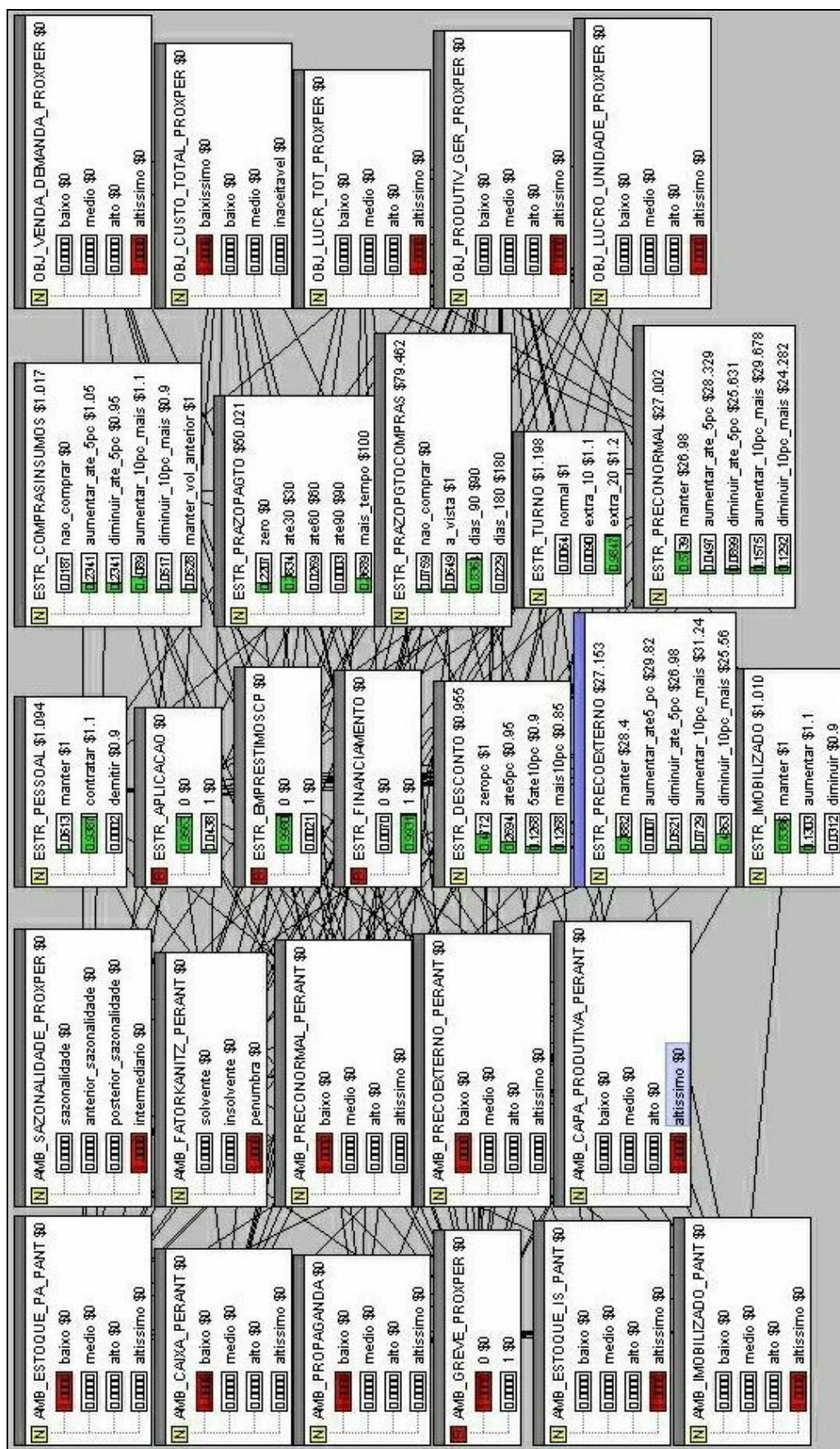


Figura 3.13 - Decisões da empresa 1 para o período 10 (5º Teste do SEPADO)

Deve-se admitir que o mix preço / pagamento do SEPADO é muitas vezes superior ao que as equipes usaram, o problema aqui é que o ajuste entre a capacidade de produção e a demanda gerada por este mix não estava completamente sincronizado¹⁴⁸.

Novamente observando somente o teste 4 a comparação mostra que do ponto de vista da liquidez e da rentabilidade houveram significativas melhoras para a empresa 1, por outro lado, devido aos efeitos negativos dos períodos 9 (não apresentado) e 10, houve uma piora do *Fator de Kanitz* e dos outros índices de endividamento da empresa.

Comparativamente ao teste 2 e a aplicação original, os resultados também não foram satisfatórios, a empresa teve rentabilidade pior e maior endividamento, resultando em maiores dificuldades futuras para a sua sobrevivência.

Teste 6

Voltando para a rotina de testes e refazendo o teste 3, com a nova versão do SEPADO, e sem mudar os valores de investimento no imobilizado e na aquisição dos insumos, feitos excepcionalmente no teste 5.

Não repete-se o conjunto de decisões deste período, pois é idêntico aos testes 4 e 5¹⁴⁹.

Comparando-se as decisões da empresa 2 para o período 2 original e o teste 3 com o teste 6 as diferenças que se destacam são:

- Aumento das horas extras com a contratação de novos funcionários;
- Não ocorre aplicação da "sobra" de caixa, da mesma forma que para o teste 3;
- Volume de compras de insumos no fornecedor F2 um pouco maior que no teste 3 mas ainda assim inferior a aplicação original;
- Concessão de prazo para pagamento à prazo menor que no teste 3; e,
- Os preços foram ainda menores do que no teste 3.

Novamente a 1ª impressão que se tem é que o SEPADO não está auxiliando nos primeiros movimentos, durante a exploração inicial pelas equipes, o sistema não consegue transmitir as melhores decisões para a situação da empresa, os reflexos são prejuízo no 1º período de jogo, 2º período do GI-EPS.

Isto pode ser revertido de acordo com o transcorrer da aplicação, mas nota-se que ainda é necessário um conjunto melhor ajustado de regras para a jogada de abertura da

¹⁴⁸ Devido ao que se acredita ser o nível de α utilizado e tamanho da base amostral disponível.

¹⁴⁹ Todas as empresas apresentam a mesma situação, logo o sistema gera o mesmo conjunto de decisões.

aplicação; que deve ser obtido com um aumento da base e modificação na estrutura de algumas das variáveis.

É de especial interesse notar que pelo menos entre o teste 3 e o teste 6 o novo SEPADO saiu-se melhor do que o anterior no desempenho da empresa 2. Sendo que melhorou principalmente nos itens produção e financeiro, de onde saiu da última posição para a 2ª em ambas as avaliações, além de ter o seu grau de endividamento diminuído, bem como um aumento na liquidez e diminuição dos prejuízos.

Comparando-se as decisões da empresa 2 para o período 10 original e do teste 3 com o teste 6 as diferenças que se destacam são:

- Aumento das horas extras com contratação e em vez da demissão de funcionários;
- Não realização de aplicação da "sobra" de caixa;
- Volume de compras de insumos no fornecedor F2 superior a aplicação original;
- Redução do prazo para pagamento à prazo e do desconto para pagamento a vista;
- Investimentos no imobilizado sem o financiamento a longo prazo;
- Também diferentemente da aplicação original não houve empréstimo de giro, quando na aplicação original parte deste valor foi aplicado; e,
- Valor novamente extremamente alto dos preços no período, para os padrões da aplicação, tanto para os mercados locais quanto para o externo, dificultando novamente as vendas no período.

Principalmente devido ao conjunto de decisões tomadas durante o teste a empresa 2 saiu-se pior do que no teste 3, tendo inclusive acumulado prejuízos ao final da aplicação, mas nem tanto em comparação à classificação da empresa na aplicação original. O SEPADO acabou influenciando nos valores, mas não na classificação, que ficou melhor no item produtividade, em relação à aplicação original. O teste 6 apresentou melhorias também na liquidez em relação ao teste 3, mas que não chegaram perto dos resultados originais, sendo que o grau de endividamento piorou, bem como o de rentabilidade.

3.3 Dividindo o Sistema

Após a análise do sistema na forma em que se encontrava, optou-se pela sua divisão em dois módulos, em vez de somente um de grande abrangência.

É apresentado aqui o módulo simplificado do jogador (jogador "esperto"¹⁵⁰), que pode atuar como consultor simplificado para uso pelos jogadores do GI-EPS. No apêndice 4 é apresentado o módulo ampliado, com vistas a substituir o jogador automático do GI-EPS no futuro. Isto não foi realizado à época uma vez que existia naquele momento um problema com o SPIRIT, versão 3.0.98, com a manipulação de valores de probabilidade em ponto flutuante muito baixos que impediam a aprendizagem com o número de variáveis da versão completa. Este problema foi resolvido após o exame de qualificação em dezembro de 2002 com a versão 3.1.08 do SPIRIT.

3.3.1 Construindo o Módulo Simplificado (SEPADOLIGHT)

O SEPADOLIGHT¹⁵¹ foi desenvolvido para testar o comportamento do jogador automático restringido somente às variáveis / atributos mais importantes do jogo, desta forma o seu uso não permite a automatização direta com o GI-EPS, exigindo a intervenção de um jogador humano, este jogador humano já deve dispor de um bom conhecimento das teorias que envolvem o GI-EPS (administração, contabilidade, economia, etc.) e não precisam de um detalhamento tão completo em suas decisões como a versão completa SEPADOFULL, apêndice 6. Isto permite sua atuação também como consultor das equipes do GI-EPS. Isto não será testado nesta tese, por exigir a criação de um novo programa que cumpra os pré-requisitos para um SE completo que o SPIRIT sozinho não realiza, como a ausência de um mecanismo de justificativa ou de uma interface com o usuário mais simples, principalmente para a entrada das variáveis / atributos a serem instanciados.

O módulo simplificado (SEPADOLIGHT) originou-se, apesar disto, da necessidade de manter o nível de informação que os jogadores passariam e receberiam do sistema no mínimo possível quando utilizado pelos mesmos, de forma que os jogadores não tivessem afetada a sua percepção do jogo, bem como, com isto fizessem melhor uso das ferramentas já disponíveis no jogo (SIG / SAD); inclusive, para o teste de campo, caso fosse utilizada versão completa (indisponível à época do teste) prejudicaria o desenrolar da aplicação

¹⁵⁰ Não é somente um jogador automático, mas um jogador que "reage" com as mudanças que o jogo sofre.

¹⁵¹ Deve ser entendido como uma simplificação do SEPADO, especialmente voltado para atuar como um consultor os jogadores mais adiantados. Não serão realizados trabalhos específicos com este fim nesta tese por fugir do escopo da mesma.

contra as equipes normais, pelo tempo tomado para a preparação das decisões de 3 equipes ou mais¹⁵² pessoalmente pelo orientando (mais comentários sobre o teste de campo serão fornecidos no decorrer do texto).

A primeira vista pode parecer estranho que tenham sido criadas duas versões do sistema, principalmente pela dificuldade, leia-se tempo de desenvolvimento que isto gera; contudo o SEPADOLIGHT exige que o cálculo de seus componentes seja feito previamente, e este cálculo já é realizado quando da criação do módulo SEPADOFULL, por ser uma condensação do mesmo.

Calculando a Base Amostral

Uma das causas dos problemas nos teste iniciais com o SEPADO era o pequeno tamanho da amostra utilizada nos testes de 1 a 6, de 45 elementos, insuficiente dado o tamanho da matriz de possibilidades existente, por isto se considerou o uso do próprio jogador automático do GI-EPS como fonte de uma base mais ampla. Não deve-se esquecer que a função primeira do jogador automático é de substituir as equipes que não puderam enviar sua decisão para uma dada jogada, bem como de que o mesmo foi desenvolvido pelos especialistas no jogo, sendo o seu uso aceitável para a geração de uma base de trabalho inicial substituta de jogos reais.

O jogador automático não "joga" normalmente toda a aplicação, mas quando o faz tem obtido resultados que o situam na média¹⁵³. Desta maneira foi utilizado o mesmo para gerar uma série automática de partidas; de 3 a 9 empresas participantes, cada aplicação com 16 períodos, com¹⁵⁴ e sem greve de funcionários (num índice relativamente baixo de 0,05 % de paralisação).

Com estes dados, mais o conjunto de jogadas de uma aplicação recentemente finalizada na Universidade de Passo Fundo no Curso de Marketing, turma de 2002, foi construída a base de conhecimento sobre a qual gerou-se a base de regras e aprendizagem do especialista. Desta forma foi percebida a necessidade de reformular as variáveis da versão inicial inserindo novas instâncias nas mesmas, além de alterações na nomenclatura destas variáveis e exclusão de outras.

¹⁵² A versão *full* proposta tem 5 estratégias possíveis.

¹⁵³ Nem melhor, nem pior que o conjunto de decisões das equipes na aplicação; ficando no bloco intermediário quanto ao desempenho.

¹⁵⁴ Mesmo que o script usualmente utilizado nas aplicações não preveja a greve, gerou-se uma série para analisar o comportamento provável. Uma vez que o valor de greve é baixo, pode equivar ao problema das faltas por n motivos, e.g., doença, gravidez, funeral, etc., da vida real.

Também se julgou necessário simplificar os prefixos e pósfixos das variáveis, sem perda na qualidade da classificação das mesmas (vide quadro 3.2.a e b), além de inserir dois novos grupos de variáveis:

- **A_** - Variáveis Ambientais: valores obtidos do sistema, expressam a situação em que a empresa se encontra no período atual. Normalmente são acrescidas do pósfixo (_PANT¹⁵⁵) que identifica que os dados são do período anterior à que está sendo preparada;
- **S_** - Variáveis Sugestão: são as variáveis que compõem o conjunto de "sugestões" operacionais do período a ser realizado. Compreendem um subgrupo do antigo grupo chamado "*estratégico*" (EST_). Com o novo conjunto de variáveis proposto neste item optou-se por mudar o nome do grupo inteiro, uma vez que o nome do mesmo gerava confusão com a idéia de "*estratégia*". Havia uma dificuldade grande no conjunto anterior de variáveis em se definir as estratégias de forma mais clara, pois as mesmas dependiam da análise de diversas variáveis ao mesmo tempo. Este grupo é composto somente por variáveis de decisão ou "*operacionais*", que são "*sugeridas*" de forma o mais genérica possível para os participantes. Como colocado no início deste sub-item se procurou neste modelo aumentar o nível de "envolvimento e responsabilidade" dos jogadores nas decisões operacionais;
- **O_** - Variáveis Objetivo: são as variáveis que expressam os objetivos que a empresa pretende atingir no período;
- **V_** - Variáveis Verificação: conjunto de variáveis nas quais o SEPADO/SPIRIT calcula a probabilidade de que as variáveis S_ possam resultar em problemas. O SEPADO não é uma ferramenta que trabalha com "certezas", ele trabalha com probabilidades condicionais, ou seja, dado que certas condições sejam satisfeitas, existe a "probabilidade de x%" de que o resultado esperado seja "y". Por isto nem sempre as decisões apontadas por ele são uma certeza de bons resultados, existe sempre a possibilidade de que fatores externos e não possíveis de prever ocorram¹⁵⁶, influenciando negativamente nos resultados. Desta maneira a equipe deverá "verificar" neste grupo o que "provavelmente" precisa de mais atenção no conjunto S_, uma vez que sempre cabe à equipe a palavra final sobre acatar ou não as sugestões calculadas pelo SEPADO¹⁵⁷;

¹⁵⁵ Unificam-se todos os pósfixos PERANT para PANT, evitando duplicidade de codificação.

¹⁵⁶ Principalmente a reação da concorrência, que nem sempre pode ser racional; segue o mesmo comportamento já verificado.

¹⁵⁷ Quando usado como consultor. No teste de campo o operador acata e calcula os valores necessários para a aplicação, baseando-se nos índices gerados pelo SEPADO.

bem como verificar se não existe nada de diferente que possa ajudar a minimizar o problema que o conjunto de sugestões pode gerar;

- **E_** - Variável Estratégia: compreende somente uma variável, "Qual é a estratégia a ser adotada?"; ou dependendo de como se instancia o SEPADO, "Qual é a estratégia com maior probabilidade de sucesso?". Como colocado no grupo S_, com o novo conjunto de variáveis que se propõe é possível agora informar ao sistema qual é a estratégia que será utilizada na próxima jogada mediante processamento computadorizado.

A figura 3.15 apresenta um esboço da tela que a versão *light* do SEPADO apresenta, antes da revisão sugerida pela Banca de Qualificação.

3.3.2 Gerador Automático

Tendo o novo modelo (SEPADOLIGHT) definido, foi preparado um sistema em JAVA que permitisse o teste, tanto do SEPADOLIGHT, quanto do SEPADOFULL (vide apêndice 4). O sistema foi desenvolvido em JAVA por que as bibliotecas de função da versão SPIRIT utilizada estão em JAVA.

A estrutura atual deste conjunto de programas importa um conjunto de dados do GI-EPS, monta as bases de dados, e gera o conjunto de regras e o arquivo .spirit-db (*Alpha-Learning*) para o uso no SPIRIT do SEPADOLIGHT.

O conjunto de dados que é utilizado nos testes analisados a seguir foi definido no item 3.3.1, sendo que o mesmo resulta em 1300 eventos, também chamados de observações, e 394 regras inseridas na base do SPIRIT, de um conjunto de mais de 4300 regras possíveis¹⁵⁸, bem como o *Alpha-Learning* calculado pela metodologia proposta ficou em 0.9980879471071702, ou seja, agora é considerado para fins de aprendizagem das probabilidades das regras mais de 99,8 % da informação do arquivo da amostra como válida.

As figuras 3.16 à 3.20 apresentam a estrutura simplificada sob a forma da UML dos programas utilizados para criar o gerador automático.

¹⁵⁸ Todas as combinações não nulas entre as alternativas das variáveis existentes na amostra.

Quadro 3.2a - Configuração das variáveis quanto ao tipo, funções e atributos após as modificações propostas

VARIÁVEIS	TI PO	FUN ÇÃO	ATRIBUTOS						
A_FATOR_KANITZ_PANT	N	amb	solvente	insolvente	penumbra				
A_LIQ_GERAL_PANT	N	amb	minimo	medio	maximo				
A_CAPA_PRODUTIVA_PANT	N	amb	mao_obra_alta	equilibrado	imobilizado_alto				
A_SAZONALIDADE_PROXPER	N	amb	sazonalidade	anterior_sa zonalidade	posterior_sa zonalidade	Intermediario			
A_EMPRESAS	N	amb	Tres	quatro	cinco	Seis	sete	oito	nove_mais
A_JOGADA_PROXPER	N	amb	inicial	normal	final				
A_LUCRO_PANT	N	amb	prejuizo	insatisfatorio	minimo	Normal			
A_VEN_DEM_PANT	N	amb	acima_de manda	equilibrio	abaixo_de manda				
A_PROD_VEND_PANT	N	amb	estocagem	equilibrio	falta_produto				
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MER CADO	N	amb	Não_informa do	otimista	pessimista	Neutro			
A_CONSULTORIA_MARKETING	N	amb	nao_solicitado	equilibrado	aumentar	Diminuir			
O_LUCR_TOT_PROXPER	N	obj	maximizar	Nao_exigido					
O_PRODUTIV_GER_PROXPER	N	obj	maximizar	Nao_exigido					
O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER	N	obj	maximizar	Nao_exigido					
O_CUSTO_TOTAL_PROXPER	N	obj	minimizar	Nao_exigido					
O_VENDA_DEMANDA_PROXPER	N	obj	maximizar	Nao_exigido					
S_PESSOAL	N	dec	manter	contratar	demitir				
S_IMOBILIZADO	N	dec	manter	diminuir	aumentar				
S_PRECO_MERCADO_LOCAL	N	dec	manter_na_ media	ficar_abaixo_ da_media	ficar_acima_ da_media				
S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS	N	dec	manter_na_ media	ficar_abaixo_ da_media	ficar_acima_ da_media				
S_PRECO_EXTERNO	N	dec	manter_na_ media	ficar_abaixo_ da_media	ficar_acima_ da_media				
S_TURNO	N	dec	Normal	extra_10	extra_20	Dobrado			
S_PESQUISA_MERCADO	B	dec	solicitar	Nao_solicitar					

Quadro 3.2b - Configuração das variáveis quanto ao tipo, funções e atributos após as modificações propostas

VARIÁVEIS	TI PO	FUN ÇÃO	ATRIBUTOS						
S_RELATORIO_MARKETING	B	dec	solicitar	Nao_solicitar					
V_PRODUCAO	N	ver	equilibrio	atencao_mao_ de_obra	atencao_imobi lizado				
V_VENDA_PRODUCAO	N	ver	regiao_de_ equilibrio	producao_ excessiva	venda_ alem_capa cidade				
V_VENDA_DEMANDA	N	ver	equilibrio	insuficiente	agressiva				
V_LUCRO	N	ver	aceitavel	precisa_ atencao					
V_SITUACAO	N	ver	venda_rentab_ ok	rentab_prob	venda_prob	venda_rentab_ prob	prod_prob		
V_INCONSISTENCIA	N	ver	alta	baixa					
E ESTRATEGICO	N	est	indefinido	luc_merc_prod	max_prod	Estrut	luc_max	gan_merc	

Onde:

N = nominal

B = booleano

amb = ambiente

obj = objetivos

ver = verificação

dec = decisão

est = estratégico

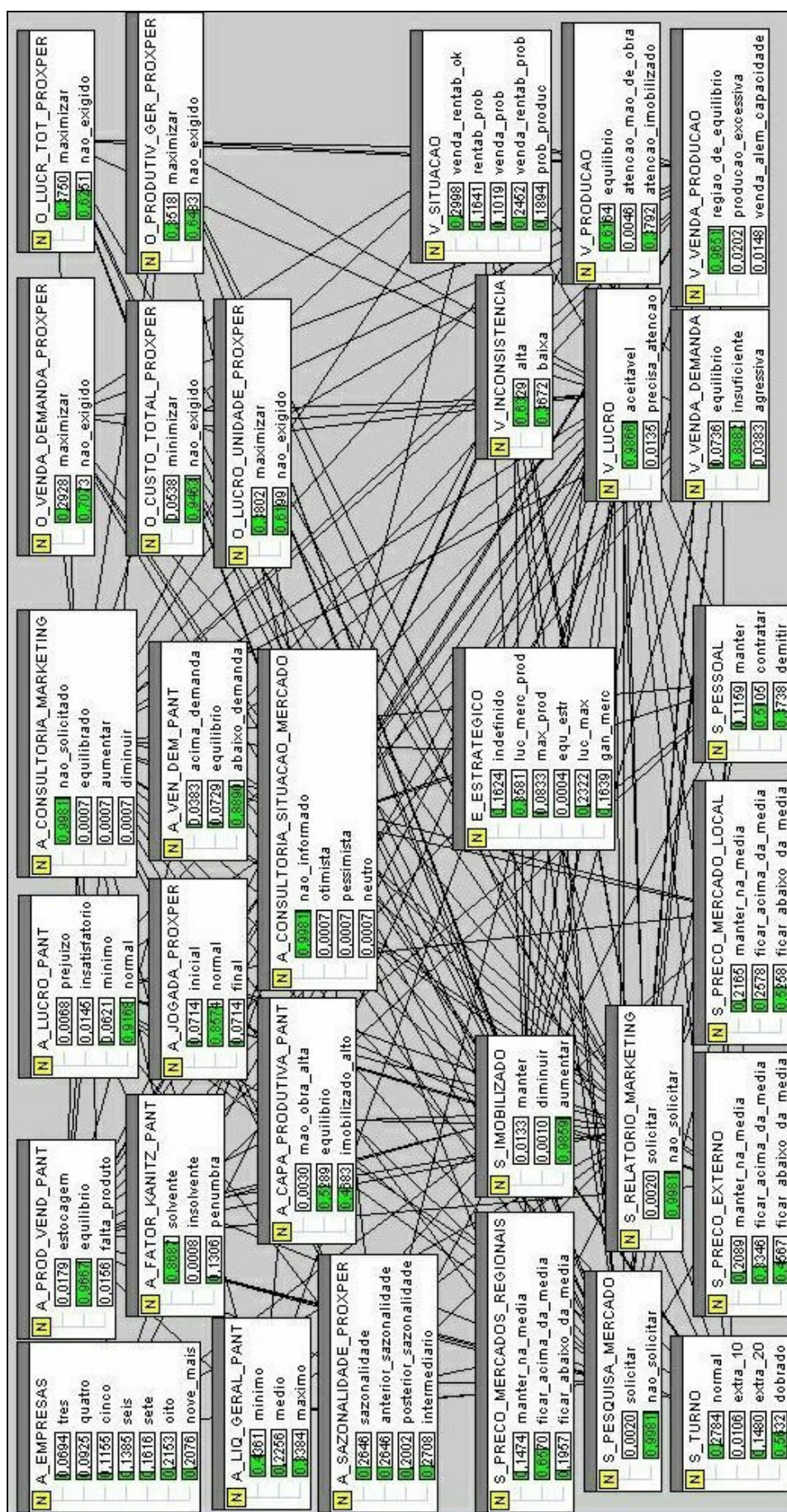


Figura 3.15 - Visão Geral das Variáveis

A figura 3.16 apresenta o diagrama UML¹⁵⁹ do módulo APPLET1 do programa ENTRDADO. Este programa realiza a importação dos valores de uma aplicação do GI-EPS, o arquivo de extração dos dados é gerado através da opção EXPORTAR DADOS dos programas GI-EPS e GI-MICRO¹⁶⁰. A figura 3.17 apresenta a tela onde se informa as características da aplicação GI-EPS sendo importada, o nome da aplicação (normalmente representando onde e quando o jogo foi realizado), que também é o nome utilizado para arquivar a aplicação no GI-EPS, bem como qual o número de empresas da aplicação e o tipo de aplicação (GI-EPS *Full*, GI-MICRO ou GI-LITE).

Na figura 3.18 é apresentado o diagrama UML do funcionamento desta tela (figura 3.17), já comentada.

Já na figura 3.19 apresenta-se o diagrama UML do módulo APPLET1 do programa MONTABASE, este é o único módulo deste programa que realiza a transformação dos valores, conforme os quadros 3.1, 3.2a e b, e 3.3, além dos apêndice 3 e 4, dos dados importados do GI-EPS para uso pelo SEPADO.

A escolha do nome APPLET para alguns dos módulos objetiva facilitar uma posterior conversão dos programas para uso via Internet no futuro.

Na figura 3.20 se apresenta o módulo principal do programa MONTAESPECIALISTA, que realiza a geração dos fatos e das regras são utilizados pelo SPIRIT para que o sistema SEPADO funcione. O princípio até aqui desenvolvido é de que não seja necessária a intervenção de um analista para revisar as regras e probabilidades, uma vez que, como já definido no sub-item 3.2.2 tópico “O Método”, o próprio SPIRIT uma vez realizado o *Alpha-Learning* corrige as probabilidades.

¹⁵⁹ Vide Glossário.

¹⁶⁰ Esta sendo preparada a versão de exportação dos dados também para o GI-LITE.

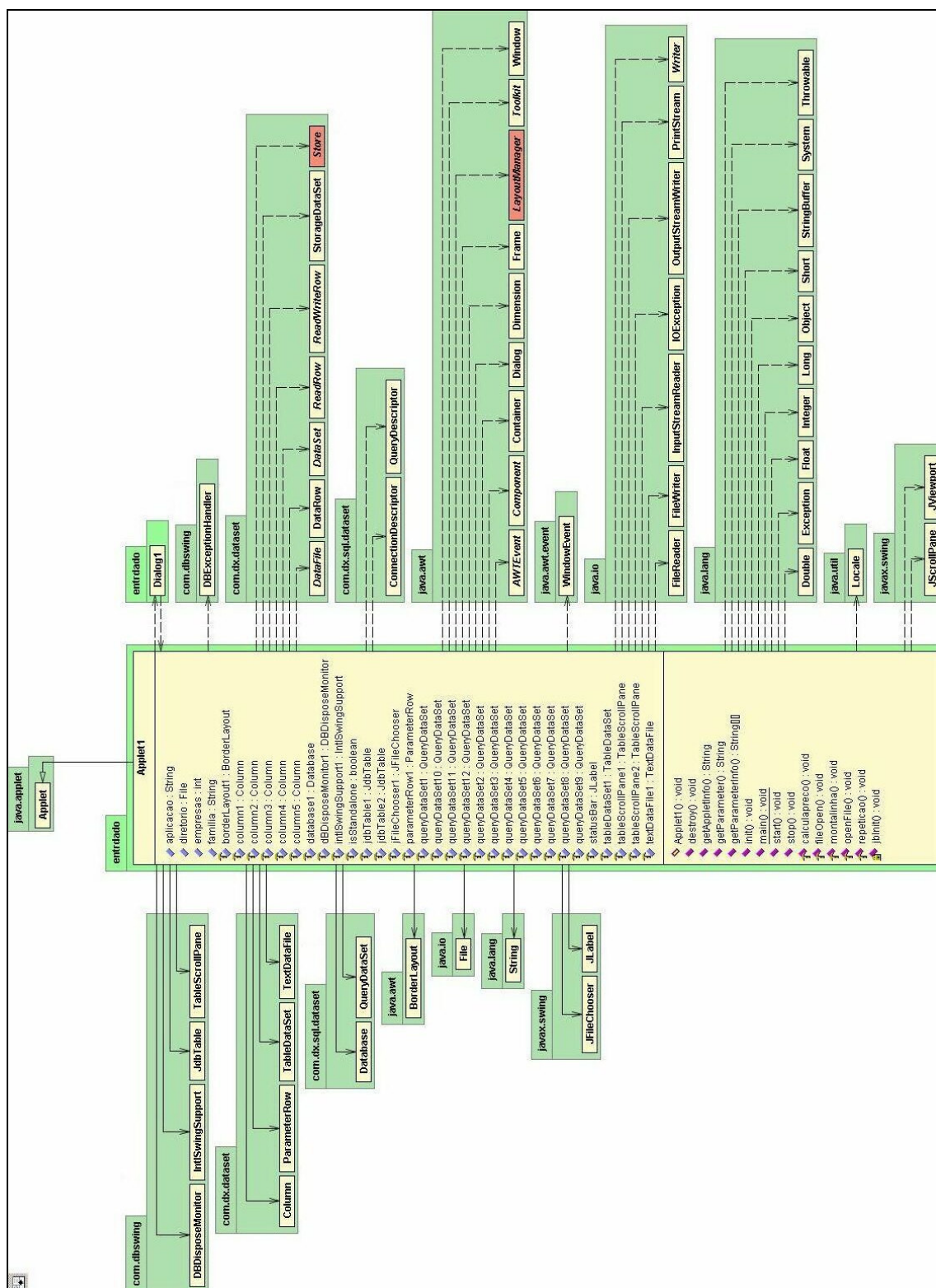
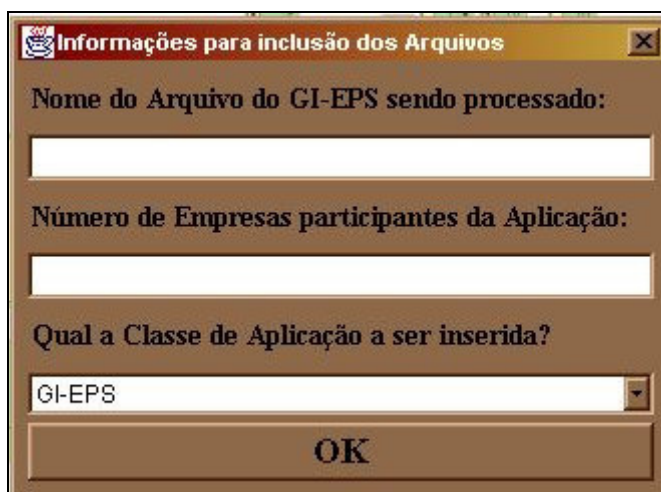


Figura 3.16 – Estrutura UML do módulo APPL1 para entrada dos dados no sistema



Informações para inclusão dos Arquivos

Nome do Arquivo do GI-EPS sendo processado:

Número de Empresas participantes da Aplicação:

Qual a Classe de Aplicação a ser inserida?

GI-EPS

OK

Figura 3.17 – Tela para escolha do jogo a ser importado

Como já discutido até aqui qualquer problema que ocorra na escolha pelo sistema das regras será resultante da qualidade da amostra, motivo pelo qual se propôs a fórmula¹⁶¹ que visa compensar os problemas de se gerar regras que na vida real seriam rejeitadas pelo especialista humano. A pergunta volta a ser: “A amostra é confiável, ou não?”. Por trás disto está uma idéia que foi colocada em 2.5.2 tópico “Redes Bayesianas e Inferência Probabilística”, a de que uma ligação, no caso uma regra, entre dois nodos A e B podem significar:

- que A causa B; ou,
- que A parcialmente causa ou predispõe B; ou,
- que B é uma observação imperfeita de A; ou,
- que A e B são funcionalmente relacionados; ou,
- que A e B são estatisticamente correlacionados.

Tudo isto também é comentado em 2.6.2 tópico “LEG – O que é”, desta maneira não importa quais as regras definidas, mas se a amostra de onde estas regras foram extraídas, é representativa ou não.

¹⁶¹ Deve ser dada especial atenção ao sub-item 3.2.5.

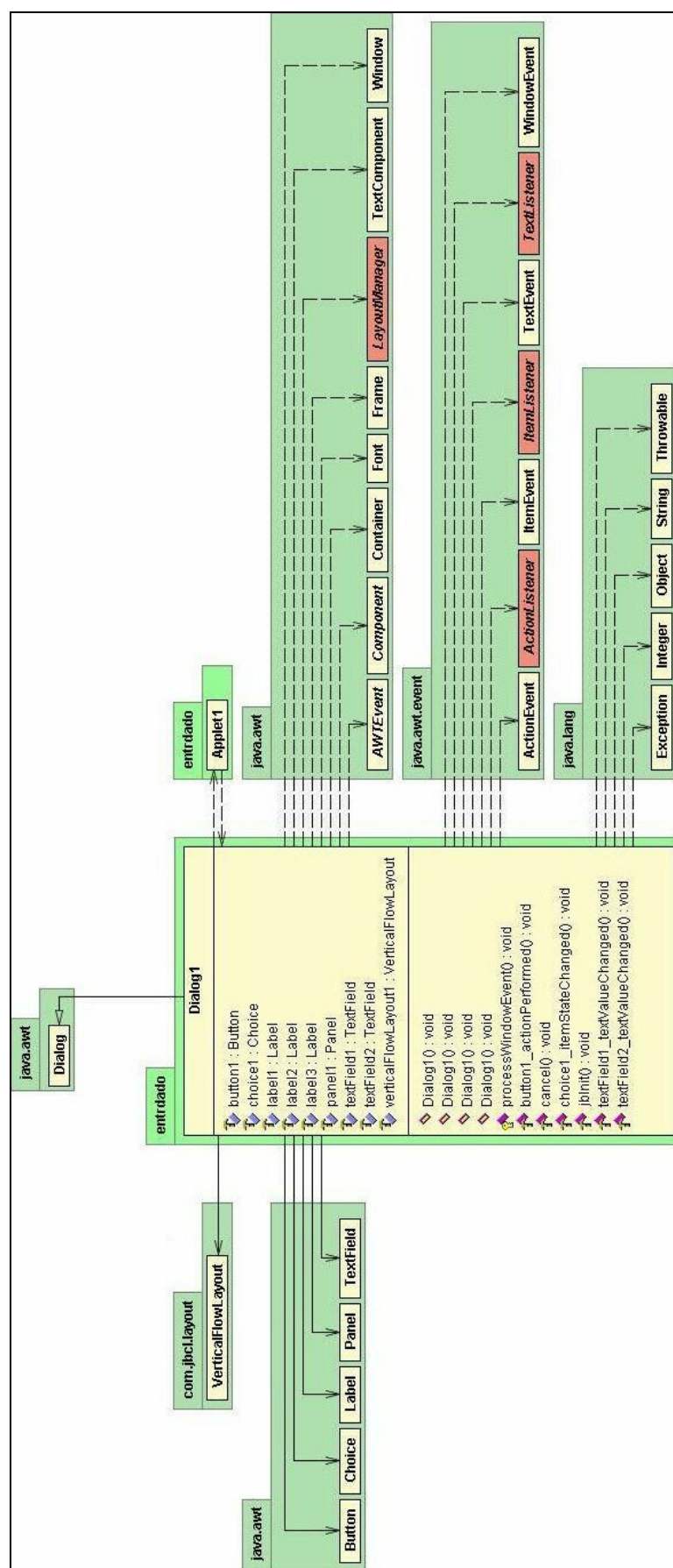


Figura 3.18 – Estrutura UML do módulo DIALOG1 para entrada dos dados no sistema

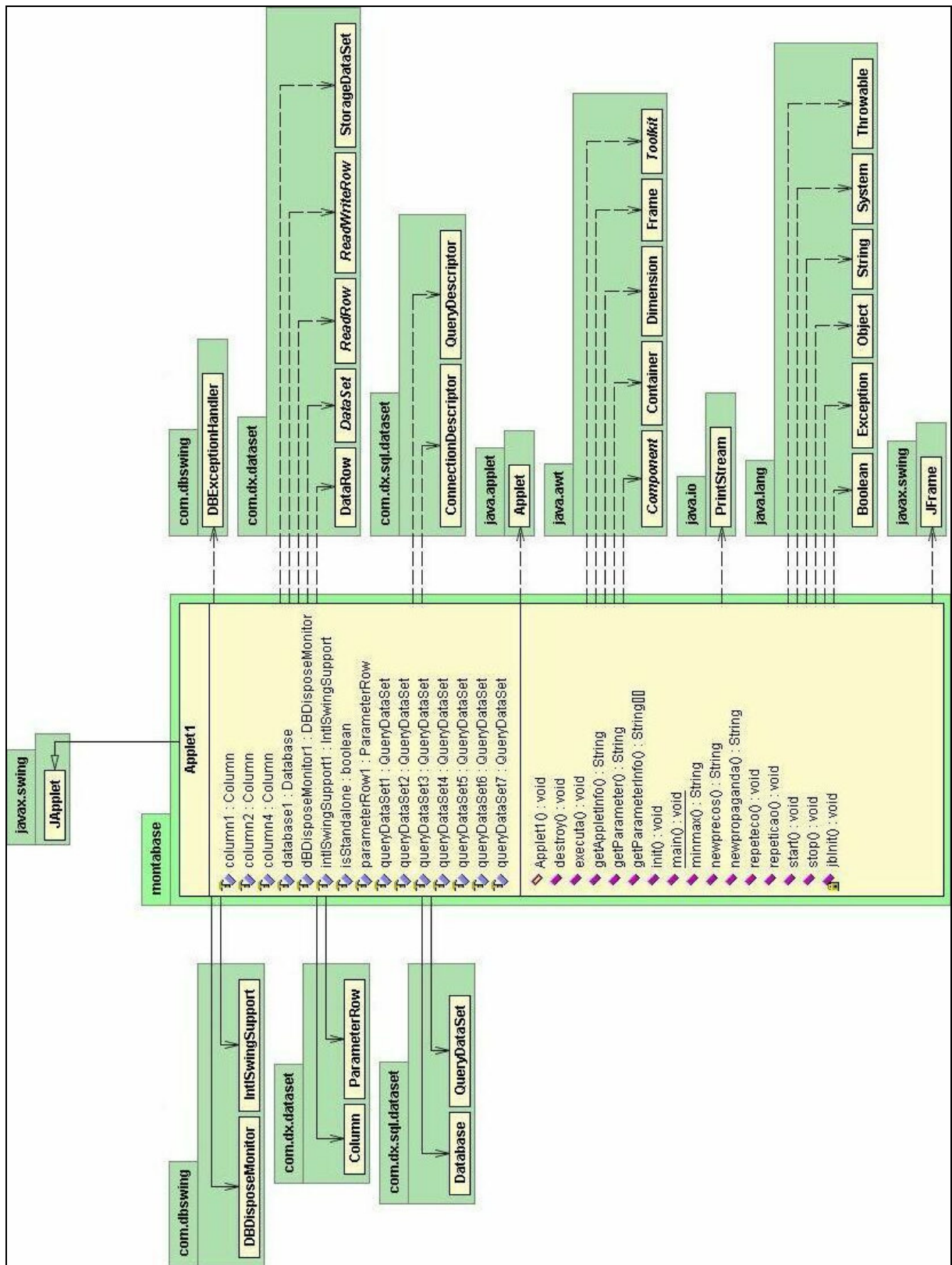


Figura 3.19 – Estrutura UML do módulo APLET1 para criação da base de dados do sistema

Figura 3.20 – Estrutura UML do módulo DIALOG1 para criação do arquivo especialista do SEPADO

3.3.3 Teste 7

Uma mudança básica na forma de realizar os testes em relação aos anteriores é a de que agora não se pretende substituir o conjunto completo de decisões de uma empresa por toda a aplicação. Agora o objetivo é uma análise pontual sobre os resultados período a período, que podem ser obtidos pelas equipes utilizando o SEPADOLIGHT. Objetiva-se com isto determinar o que ocorreria se o SEPADO fosse utilizado como um consultor¹⁶², ou como um jogador automático, substituindo temporariamente uma equipe que não entregasse sua decisão para um período da aplicação, por qualquer motivo. Além disto também objetiva verificar até que ponto, como e onde o SEPADO pode melhorar as decisões que as equipes informam para o sistema.

Em todos os períodos procura-se maximizar o Objetivo Lucro Total, através da Estratégia Lucro_Mercado_Produção e do equilíbrio em todas as variáveis Verificação (havendo uma exceção, esta é indicada no texto). Estas definições foram feitas uma vez que se tinha de estabelecer uma série fixa de parâmetros, que as equipes reais também deveriam procurar definir para a aplicação, é uma das n combinações que as equipes poderão adotar. O SEPADO/SPIRIT, devido a grande quantidade de alternativas possíveis precisa, ou pelo menos melhora o seu desempenho com um conjunto mínimo de sugestões fornecidas.

Desta maneira o critério de escolha das equipes testadas por período, considerando o quesito Lucro Total no Período (Relatório de Desempenho) foi:

- a melhor;
- a pior, e;
- a empresa com uma posição intermediária (4ª)¹⁶³.

Analisa-se as alterações nos resultados apresentados no Relatório de Desempenho (Lucro, Produtividade, Vendas e Financeiro). A idéia é a mesma da 1ª série de testes, se o uso do SEPADOLIGHT fosse contínuo do início ao fim da aplicação teriam efeito cumulativo (positivo ou negativo), dependendo da capacidade de análise captada pela ferramenta SPIRIT.

Neste 7º teste (períodos 1 para 2 da aplicação) foram analisadas as empresas 3, 8 e 2; a de melhor posição quanto ao lucro no período, a intermediária (4ª colocada) e a pior, respectivamente.

¹⁶² Não será aprofundada esta opção nesta tese.

¹⁶³ Uma vez que a comparação foi contra um conjunto de 8 empresas da UPF (citado em 3.3.1), seriam a 4ª e a 5ª colocadas, sendo que se optou somente pela 4ª por ser a de melhor colocação entre ambas.

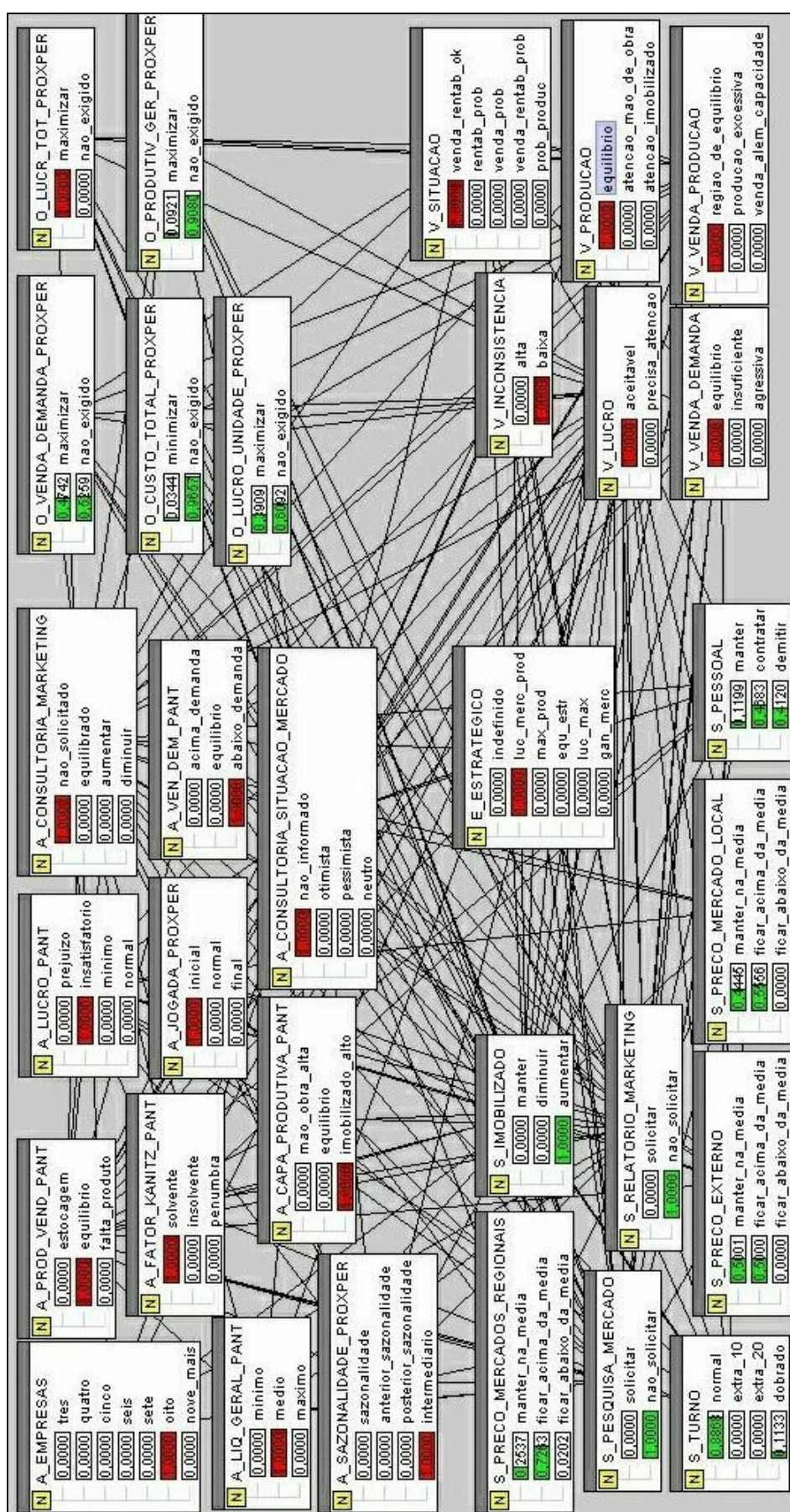


Figura 3.21 - Sugestões para a empresa 2 (Teste 7 - Período 1 para 2)

Tabela 3.12 - Resultados do Teste 7 (Período 2)

		Empresa 3 melhor	Empresa 8 intermediária	Empresa 2 pior
Classificação pelo Lucro Total	Com SEPADO	6º	8º	7º
	Sem SEPADO	1º	4º	8º
Lucros no Período	Com SEPADO	33.952	36.850	37.038
	Sem SEPADO	79.081	60.992	23.737
Produtividade no Período	Com SEPADO	1,011110	1,011110	1,011110
	Sem SEPADO	1,013750	1,011211	1,011211
CMO / IMOB	Com SEPADO	0,888800	0,888800	0,888800
	Sem SEPADO	1,018080	0,896880	0,896880
Venda / Demanda no Período	Com SEPADO	0,872385	0,885019	0,884146
	Sem SEPADO	1,030115	1,030189	0,795140
% Mercado no Período	Com SEPADO	13,51	12,97	13,69
	Sem SEPADO	13,49	10,97	14,83
Custo Unidade no Período	Com SEPADO	16,68	16,69	16,69
	Sem SEPADO	15,48	16,89	16,62
Lucro / Unidade	Com SEPADO	0,6112	0,6634	0,6668
	Sem SEPADO	1,1973	1,1348	0,4235

No geral os resultados não foram interessantes para a maioria das empresas, principalmente observando as novas ordens de classificação. Deve-se lembrar que as novas classificações são independentes entre si, foram 3 simulações separadas em que todas as decisões das outras empresas foram mantidas e só foram alteradas as decisões da empresa sob teste com os novos valores sugeridos pelo SEPADOLIGHT.

Houve melhora no lucro para a empresa 2, bem como para os outros itens, exceto de participação no mercado. Para as outras empresas, exceto na participação no mercado houve uma piora com o uso do SEPADOLIGHT.

Conclusão inicial, o sistema ainda não tem um bom conjunto de regras para a abertura (decisões de abertura da aplicação, entre os períodos 1 e 2), apesar de já ser melhor do que a pior das empresas, pois passou a empresa 2 de último para penúltimo lugar, ainda é o pior conjunto de decisões para as empresas melhores e intermediárias.

3.3.4 Teste 8

Para o teste 8 o período coberto é o que vai do 2º para o 3º períodos na aplicação sendo que as empresas analisadas são, respectivamente: 1, 4 e 2 novamente.

A partir deste período (2 para 3) o SEPADOLIGHT começa a indicar (dependendo do conjunto de dados introduzidos) que deve ser interessante para a equipe analisada solicitar tanto a pesquisa de Mercado, como a pesquisa de Marketing, sendo que para manter a coerência com a aplicação original foi realizada uma tentativa com e outra sem forçar a

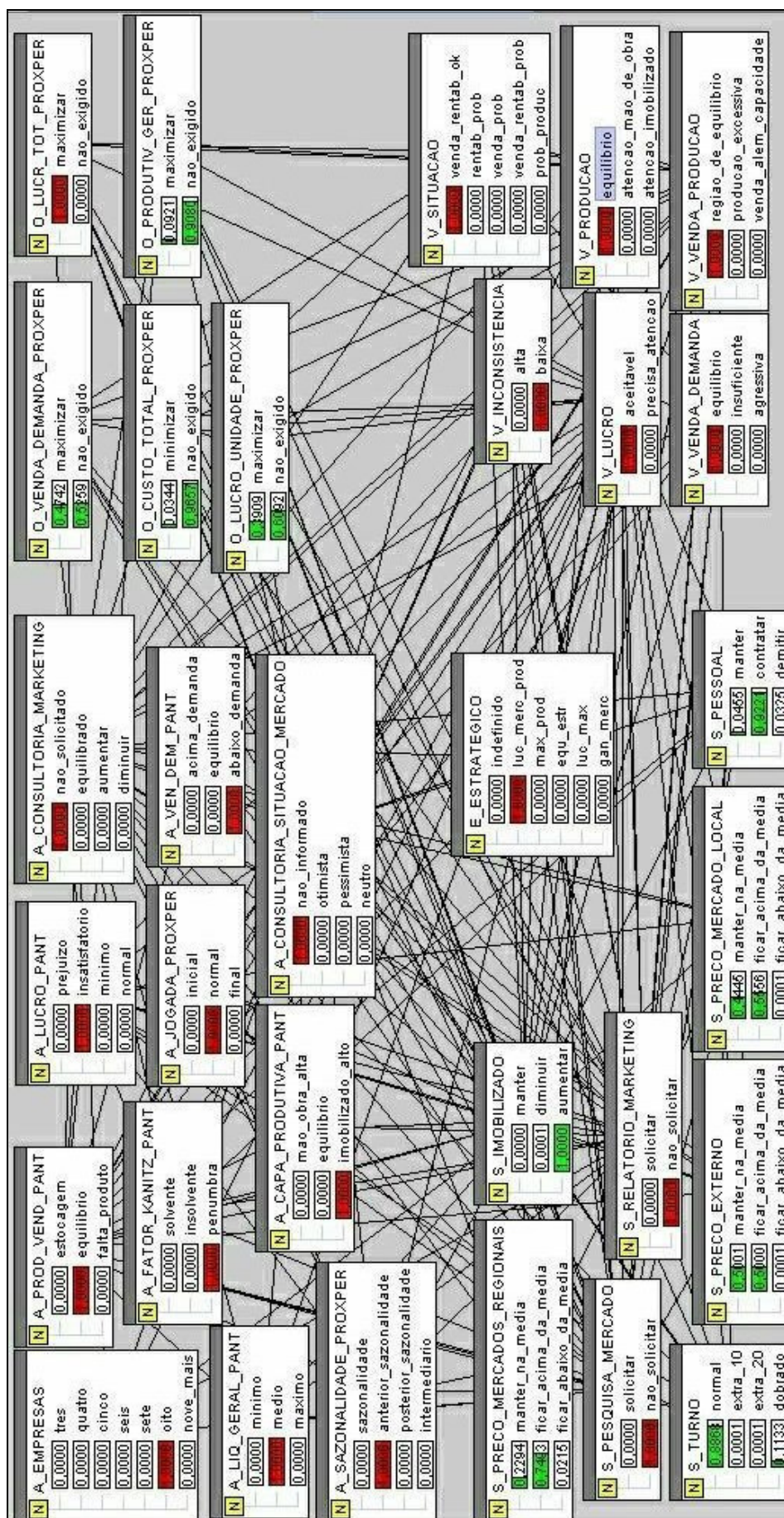


Figura 3.22 - Sugestões para a empresa 4 (Teste 8 - Período 2 para 3)

solicitação das pesquisas (instanciamento da sugestão como não solicitar)¹⁶⁴. Outro motivo, como pode ser visto na tabela 3.13 é que geralmente os resultados obtidos quando era forçada a não solicitação das pesquisas ser melhor, não muito melhor mas em valores notáveis para a pesquisa.

Tabela 3.13 - Resultados do Teste 8 (Período 3)

		Empresa 1 melhor	Empresa 4 intermediária	Empresa 2 pior
Classificação pelo Lucro Total	Forçando	2º	5º	8º
	Sem Forçar	2º	-	8º
	Sem SEPADO	1º	7º	8º
Lucros no Período	Forçando	89.894	97.521	73.778
	Sem Forçar	81.775	-	72.547
	Sem SEPADO	111.804	77.998	32.464
Produtividade no Período	Forçando	1,016759	1,014953	1,012470
	Sem Forçar	1,016894	-	1,013604
	Sem SEPADO	1,014078	1,013750	1,012470
CMO / IMOB	Forçando	0,981346	0,988640	0,906924
	Sem Forçar	0,989269	-	0,906933
	Sem SEPADO	0,989256	1,037664	0,906924
Venda / Demanda no Período	Forçando	1,033487	1,020600	0,905435
	Sem Forçar	1,032987	-	1,007222
	Sem SEPADO	1,032819	0,894786	0,746040
% Mercado no Período	Forçando	15,07	12,84	13,87
	Sem Forçar	13,68	-	13,17
	Sem SEPADO	14,88	15,39	16,74
Custo Unidade no Período	Forçando	16,44	15,98	16,70
	Sem Forçar	17,09	-	17,17
	Sem SEPADO	15,80	15,42	16,65
Lucro / Unidade	Forçando	1,1567	1,5318	1,1833
	Sem Forçar	1,1864	-	1,1484
	Sem SEPADO	1,4572	1,1345	0,5207

Como resultado geral nota-se que a exceção da empresa 1 (melhor empresa quanto ao lucro no período) todas tiveram melhoras significativas, tanto no modo original (sem instanciamento forçado nas pesquisas) quanto no modo forçado¹⁶⁵. Houve pouca variação (positiva de qualquer maneira) na produtividade, sendo que já neste teste começa a aparecer um dos fatores que dificultam um melhor resultado quando do uso do SEPADOLIGHT desta forma¹⁶⁶, o desbalanceamento já existente entre a capacidade de produção da mão-de-obra e o imobilizado, que normalmente esta abaixo do volume que os empregados poderiam gerar. A empresa 4 originalmente estava com a posição invertida pois a equipe nas decisões originais aumentou fortemente o imobilizado, acima do índice de aumento que foi utilizado como parâmetro para o teste (10 % no máximo acima do valor da depreciação do período anterior, no caso de ser indicado um aumento no imobilizado).

¹⁶⁴ O teste com as empresas intermediárias foi realizado após o início dos testes com a melhor e pior empresas, desta maneira sempre foram testadas no modo forçado.

¹⁶⁵ Os lucros acumulados anteriores muito baixos da empresa 2 (28.258) não permitiram que ela trocasse de posição ultrapassando a empresa 4, mesmo com o aumento no seu lucro do período.

¹⁶⁶ Pontual, um período por vez, sem ser durante toda a aplicação.

Por problemas anteriores ao teste no mix de produção (já comentados) as empresa 2 e 4 tiveram queda em sua participação de mercado, bem como a 1 sem forçar as consultorias.

Apesar do aumento dos custos na maioria dos casos, houve um aumento no lucro unitário para as empresas 2 e 4, menos para a 1, o que demonstraria que mesmo já com um maior volume de informação e com um *Alpha-Learning* mais afastado do equilíbrio¹⁶⁷ a análise do SEPADO / SPIRIT tende a ficar próximo às médias observadas na amostra, o que influi positivamente para as empresas em pior situação (melhora a qualidade da decisão), tem também um efeito normalmente positivo para as empresas na classificação intermediária da aplicação (normalmente é um refinamento positivo das decisões que as equipes tomariam); mas tem um efeito de dificultar um melhor resultado para as equipes de ponta (não é igual ou superior às decisões originais da equipe, melhores que a média).

O que inicialmente confirma o SEPADOLIGHT como uma ferramenta de suporte a decisão no jogo, pois indica o ponto a partir de onde as equipes deveriam buscar um aprimoramento nas sugestões apresentadas. Como o conjunto de decisões é um pouco melhor do que a média, as equipes que o utilizarem podem ficar mais tranquilas de qual seriam os valores mínimos de decisão aceitáveis e "arriscar" a partir daí. Isto também indicaria que o SEPADO atuaria como um "jogador automático" mais flexível para o jogo.

3.3.5 Teste 9

Para o teste 9 o período coberto é o que vai do 3 para o 4 na aplicação sendo que as empresas analisadas são, respectivamente: 5, 3 e 8.

Este conjunto de decisões engloba um período de sazonalidade (vendas automaticamente ampliadas), de onde surgem os altos valores de vendas e lucros que aparecem na tabela 3.14.

Neste teste se nota novamente o efeito do acúmulo de funcionários acima da capacidade de produção do imobilizado antes do período de teste, não são apresentadas as sugestões do SEPADOLIGHT, mas tanto para a empresa 5 como para a empresa 3 ele sempre sugeriu dar preferência mais a demissão ou manutenção de empregados e a ampliação de imobilizado, infelizmente só trazendo resultados positivos para os períodos seguintes (caso fosse repetida a utilização do SEPADOLIGHT na base do jogo para mais um período).

¹⁶⁷ Anteriormente era considerado 60 % do valor das probabilidades da amostra para fins de composição da probabilidade final, agora 99,8 %.

Tabela 3.14 - Resultados do Teste 9 (Período 4)

		Empresa 5 melhor	Empresa 3 intermediária	Empresa 8 Pior
Classificação pelo Lucro Total	Forçando	1º	4º	5º
	Sem Forçar	4º	-	6º
	Sem SEPADO	1º	2º	6º
Lucros no Período	Forçando	222.147	119.925	124.218
	Sem Forçar	164.698	-	89.746
	Sem SEPADO	273.513	171.490	35.771
Produtividade no Período	Forçando	1,016808	1,014687	1,016096
	Sem Forçar	1,016808	-	1,017504
	Sem SEPADO	1,016008	1,016008	1,013968
CMO / IMOB	Forçando	0,993847	0,961176	1,004633
	Sem Forçar	0,993847	-	0,996855
	Sem SEPADO	1,004095	1,004095	1,059145
Venda / Demanda no Período	Forçando	1,151458	0,698987	0,673967
	Sem Forçar	0,960164	-	0,599840
	Sem SEPADO	1,351398	0,788213	0,507158
% Mercado no Período	Forçando	8,88	13,31	12,89
	Sem Forçar	10,38	-	15,16
	Sem SEPADO	6,79	12,78	14,78
Custo Unidade no Período	Forçando	15,59	18,24	17,66
	Sem Forçar	15,62	-	17,44
	Sem SEPADO	15,71	17,55	18,72
Lucro / Unidade	Forçando	2,1509	1,3112	1,4856
	Sem Forçar	1,5947	-	0,9900
	Sem SEPADO	3,0638	1,7488	0,4902

Isto pode ser visto também em todos os teste até o momento pelo fato de que as vendas sempre foram (exceto para a empresa 5 neste teste) abaixo da demanda real, uma vez que não havia capacidade instalada suficiente para atender a clientela pelo preço oferecido, no caso aqui a empresa 5 tinha um certo volume de estoque e pode capturar a demanda não atendida.

Deve-se comentar que o uso do SEPADOLIGHT na maioria dos casos deste teste representou, um menor custo unitário para as empresas, sendo que o lucro unitário não oscilou num mesmo nível uma vez que as políticas de preço "sugeridas" ¹⁶⁸ pelo "especialista" visavam dar volume de vendas, mesmo que as vezes em detrimento do lucro unitário, que ao final é compensável pelo lucro total no período ((Venda Total X Preço Unitário) - Custo Total).

Como era um período de sazonalidade, o grande volume de vendas fez com que mesmo uma pequena variação nos lucros se refletisse em perda de posições, como no caso da empresa 5 (sem forçar as sugestões de não fazer as pesquisas) e da empresa 3, que caiu de 2º para 4º lugamo acumulado.

¹⁶⁸ No caso de todos os testes realizados foram seguidas "à risca", para analisar a sua eficiência.

3.3.6 Teste 10

Para o teste 10 o período coberto é o que vai do 4 para o 5 na aplicação sendo que as empresas analisadas são, respectivamente: 4, 5 novamente e 7.

Tabela 3.15 - Resultados do Teste 10 (Período 5)

		Empresa 4 melhor	Empresa 5 intermediária	Empresa 7 pior
Classificação pelo Lucro Total	Com SEPADO	7º	1º	7º
	Sem SEPADO	5º	1º	6º
Lucros no Período	Com SEPADO	30.206	63.647	-152.122
	Sem SEPADO	145.202	63.746	-20.922
Produtividade no Período	Com SEPADO	1,014820	1,014085	1,016205
	Sem SEPADO	1,017654	1,014085	1,016160
CMO / IMOB	Com SEPADO	1,078648	1,008388	1,262647
	Sem SEPADO	0,992664	1,008388	0,997203
Venda / Demanda no Período	Com SEPADO	0,777370	0,708202	0,746265
	Sem SEPADO	1,064032	0,681297	0,790889
% Mercado no Período	Com SEPADO	12,40	12,67	14,36
	Sem SEPADO	10,88	13,56	13,40
Custo Unidade no Período	Com SEPADO	19,05	17,81	21,73
	Sem SEPADO	17,44	17,80	20,06
Lucro / Unidade	Com SEPADO	0,4076	0,9038	-1,8775
	Sem SEPADO	1,6450	0,9052	-0,2589

O SEPADOLIGHT pelos resultados que apresentou não captou alguma sutileza da aplicação original, provavelmente por ter uma base de análise fortemente baseada em jogos simulados, que estão muito mais próximos de um equilíbrio, do que no jogo real. Isto resulta em que os resultados apresentados para este período foram não foram interessantes para todos (principalmente para as empresas 4 e 7). Para fins de classificação geral, onde se acumula todo o transcorrer da aplicação, o enorme prejuízo da empresa 7 foi absorvido pelos lucros anteriores, o que fez que a empresa 7 perdesse uma posição (6º indo para 7º) o que ainda poderia ser recuperado em jogadas posteriores se o SEPADOLIGHT fosse utilizado em toda a aplicação. O efeito no entanto não foi interessante para a empresa 4, que caiu 2 posições.

O que fica exposto aqui, é a falta de informação para o SEPADO sair de uma armadilha, onde se a empresa já não tem condições de lucro, a busca de mercado¹⁶⁹ (estratégia Lucro_Mercado_Produção), vai acabar causando maiores problemas. Isto demonstra também como uma escolha que parece acertada no início (a estratégia adotada para maximizar o lucro) pode ter de ser alterada bruscamente, pelas mudanças que podem ocorrer na aplicação. Não é feito um teste com outra estratégia, visto que este "problema" apontado só ocorreu neste momento, posteriormente durante os testes com uma aplicação real isto é analisado. Deve ser modificado o conjunto base das regras, pela inclusão de um

¹⁶⁹ Que a estratégia utilizada durante os testes preconiza.

maior número de aplicações reais, que ainda não estavam disponíveis durante a bateria de testes descrita.

3.3.7 Teste 11

Para o teste 11 o período coberto é o que vai do 5 para o 6 na aplicação, sendo que as empresas analisadas são, respectivamente: 5 e 7 novamente, bem como a empresa 8.

Deve-se ressaltar que esta é a jogada final para a aplicação real, de forma que aqui testa-se o conjunto de sugestões relacionadas com a jogada final no SEPADOLIGHT.

Tabela 3.16 - Resultados do Teste 11 (Período 6)

		Empresa 5 melhor	Empresa 7 intermediária	Empresa 8 pior
Classificação pelo Lucro Total	Com SEPADO	1º	6º	8º
	Sem SEPADO	1º	6º	8º
Lucros no Período	Com SEPADO	107.112	50.543	-244.376
	Sem SEPADO	140.235	62.141	-265.738
Produtividade no Período	Com SEPADO	1,015493	1,015081	1,014022
	Sem SEPADO	1,014085	1,015800	1,014022
CMO / IMOB	Com SEPADO	1,030912	1,039308	1,136899
	Sem SEPADO	1,022586	1,001922	1,136899
Venda / Demanda no Período	Com SEPADO	0,751370	0,506570	0,577180
	Sem SEPADO	0,827741	0,488272	0,541561
% Mercado no Período	Com SEPADO	14,70	22,00	17,57
	Sem SEPADO	12,21	23,22	18,58
Custo Unidade no Período	Com SEPADO	18,19	19,02	24,84
	Sem SEPADO	18,37	18,38	24,83
Lucro / Unidade	Com SEPADO	1,3827	0,6703	-3,4856
	Sem SEPADO	1,9913	0,7866	-3,7903

O SEPADOLIGHT pelos resultados que gerou em seu uso tendeu sempre a se aproximar das médias, de maneira que principalmente em relação aos preços causou queda no volume faturado, apesar de incentivar aumentos expressivos de demanda.

Isto por um lado sempre prejudicou as empresas que tinham melhor desempenho leia-se lucro no período, não o lucro acumulado, de maneira que normalmente conseguiam melhorar a produtividade e o volume de vendas, mas não conseguiam um lucro ainda melhor do que a melhor empresa obtivera.

3.4 Mudanças após o exame pela Banca de Qualificação

Uma vez submetida a proposta desta tese à Banca de Qualificação foram feitas mudanças na estrutura das variáveis tanto no SEPADOFULL quanto no SEPADOLIGHT com vistas a corrigir pontos considerados desnecessários pela mesma.

Foram suprimidas as variáveis relacionadas à pesquisa de mercado e marketing, bem como modificada a estrutura da variável estratégia para o SEPADOLIGHT, limitando a mesma a somente 3 alternativas: indefinido, maximizar a produção e ganhar mercado.

A composição final das variáveis é apresentada no apêndice 3.

3.4.1 Estrutura da rede gerada pelo SPIRIT

A estrutura de rede utilizada no teste de campo como resultado das alterações sugeridas pela Banca de Qualificação é apresentada na figura 3.23.

Esta figura apresenta as ligações (com setas) entre as variáveis, sendo que a parte sem ponta é a variável da premissa da regra e a ponta com a seta é variável da conclusão da regra.

Diferente das figuras referentes à estrutura da rede apresentadas anteriormente esta figura apresenta somente o nome de cada variável e a organização (do centro para as extremidades) da rede de dependências entre as variáveis (gerada pela estrutura de regras), ou seja a topologia total da rede. Não se deve esquecer que como comentado em 2.6.2 tópico “Topologia de rede em um sistema SPIRIT” a mesma internamente funciona como uma rede do tipo d)totalmente ligada, enquanto que a figura enfatiza a forma a)anel, somente para uma melhor visualização.

3.4.2 Estrutura de LEG utilizada nos testes de campo

Na figura 3.24 é apresentado na estrutura de LEG, bem como o número de combinações repetidas entre os LEG (itens dentro das elipses em cinza), indicando o nível de complementaridade dos LEG entre si. Cada LEG é identificado pelo número de combinações possíveis que o mesmo representa. Estas combinações, como já colocado no capítulo 2 representam a sub-matriz de combinações que o LEG representa, em relação à matriz de combinações total que é a Rede Causal no seu todo.

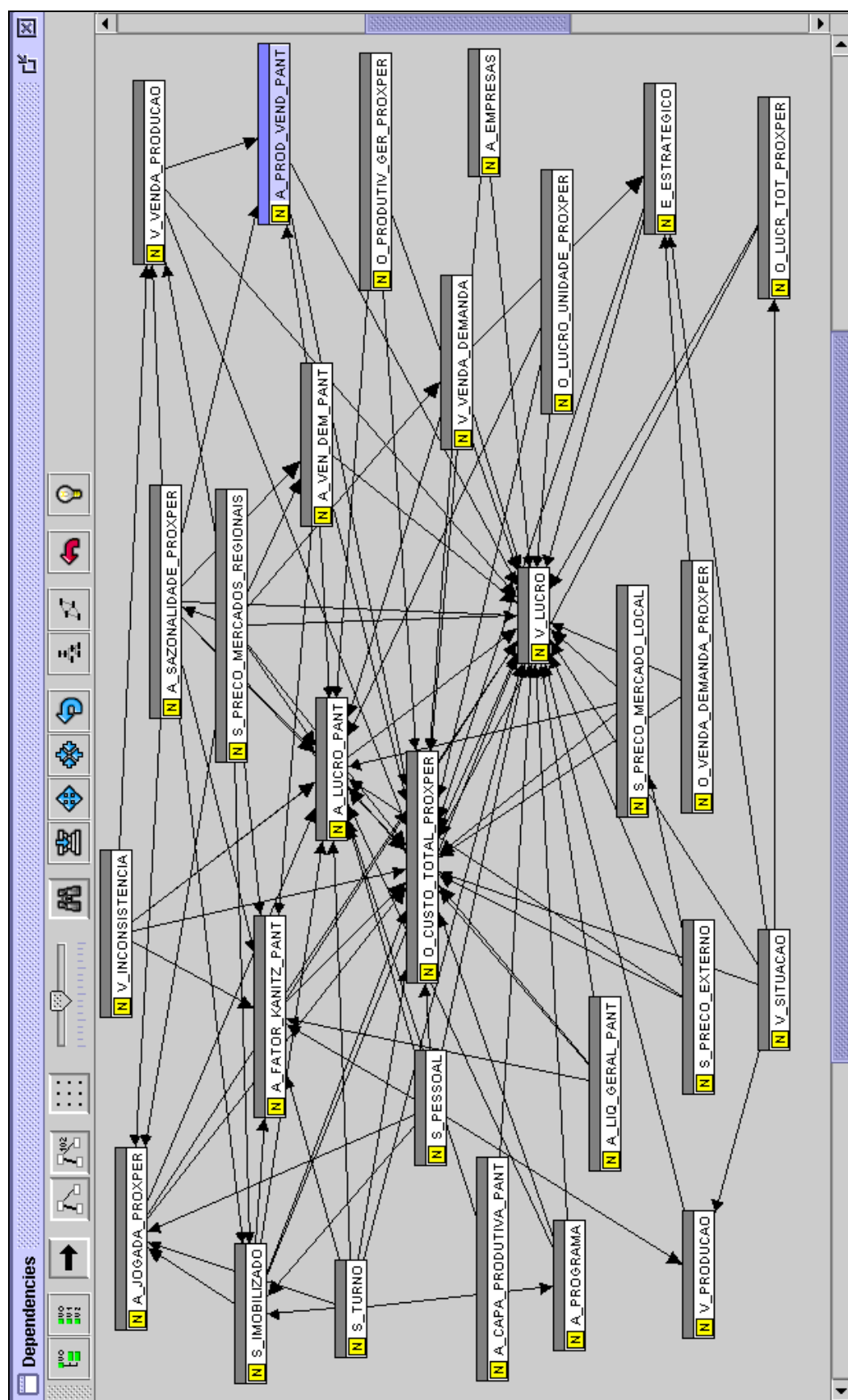


Figura 3.23 – Estrutura de Rede utilizada no teste de campo

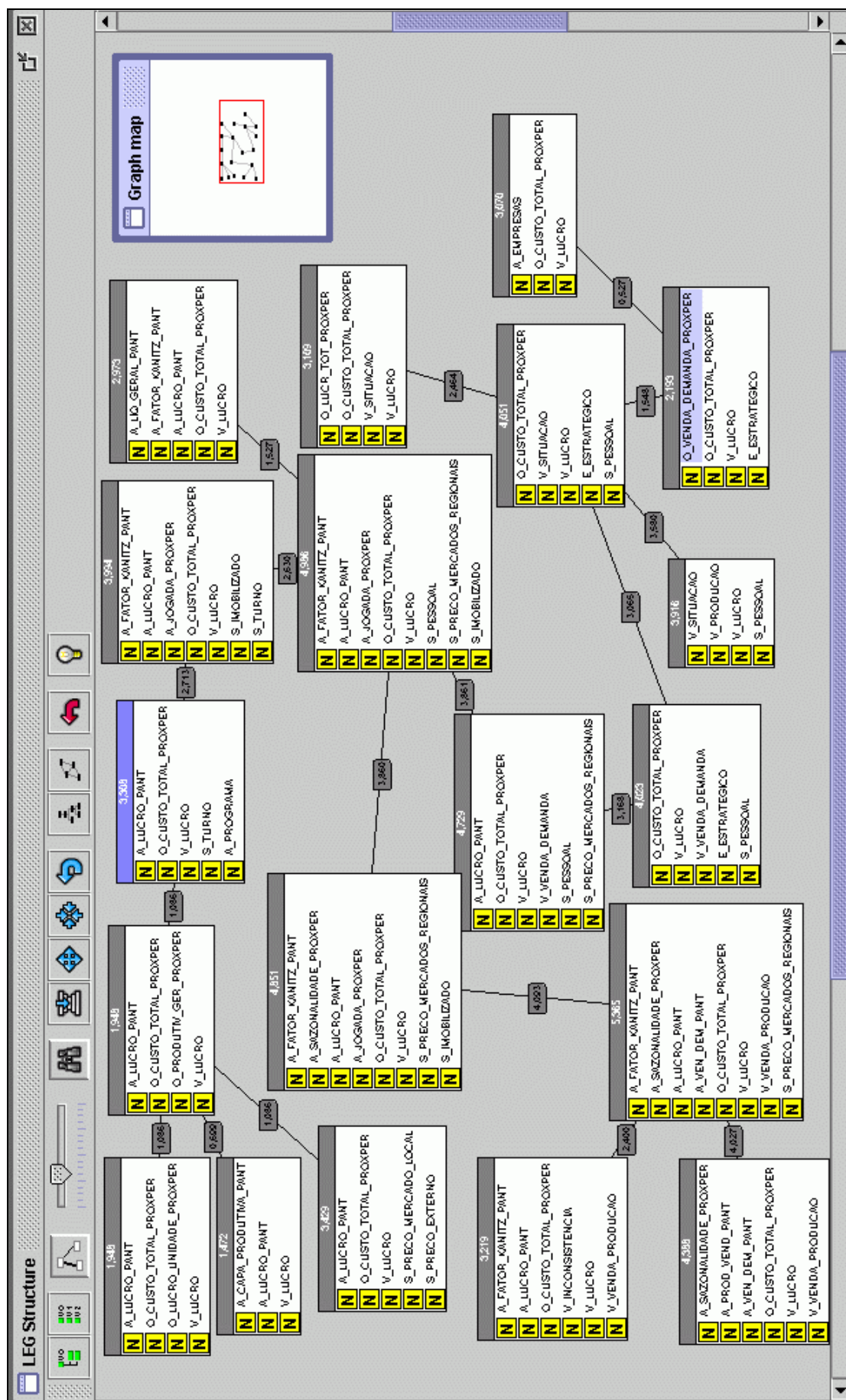


Figura 3.24 – Visão da LEG Structure Window

3.5 Teste de Campo

Necessitava-se testar o SEPADO com pelo menos uma aplicação real, uma vez que isto permitiria obter resultados mais consistentes sobre o desempenho do SE, resultados estes melhores do que os que seriam obtidos somente por regerar aplicações passadas com as novas sugestões dos sistema. Isto se deve principalmente para testar o sistema quanto aos efeitos e principalmente os “defeitos” ocultos ainda presentes no mesmo¹⁷⁰. Também era interessante este teste para poder se determinar a resposta a uma possível pergunta referente ao enfoque de ensino / aprendizagem¹⁷¹: *“Afimal o uso de alguma ferramenta traz resultados (positivos) no desenrolar de uma aplicação GI-EPS, ou a capacidade de adaptação do ser humano tem maiores efeitos (positivos) “?*

Um teste de campo desta maneira era crucial para que os ajustes finais¹⁷² no SEPADO melhorassem o seu desempenho esperado. Mesmo que a classificação entretanto não fosse a melhor possível.

O teste de campo baseou-se em uma aplicação GI-MICRO, sendo realizado com a turma de Especialização em Finanças 2002 da CEAD (Centro de Ensino de Administração), ligada à UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, na cidade de Porto Alegre/RS, em abril de 2003. A aplicação foi composta por 6 equipes “reais¹⁷³” (equipes 1 a 6), três equipes baseadas nas decisões do SEPADOLIGHT (equipes 7 a 9) e uma equipe baseada nas decisões do JA do GI-MICRO (equipe 10).

A aplicação teve 9 períodos (8 jogadas), sendo que a equipe 7 utilizou a estratégia Indeterminada, a equipe 8 a estratégia Maximizar a Produção e a equipe 9 a estratégia Ganhar Mercado. Todas as 3 equipes procuraram Maximizar o objetivo Lucro Total. Não se procurou limitar os efeitos negativos que as sugestões apresentassem através das variáveis verificação, deixando as mesmas sem instanciamento, o que supõe-se se não provocou, pelos reforçou os resultados não tão positivos obtidos durante o jogo.

Apesar de que nenhuma das equipes “automáticas” (7 à 10) conseguiu um bom resultado final (a melhor foi a 9, obtendo o 6º lugar, a pior sendo a 7 em último no 9º período) o teste teve êxito, uma vez que se confirmaram os pontos que já eram previstos anteriormente, como o porquê da equipe automática 10 chegar em 8º lugar, uma vez que o seu comportamento esperado era de estar entre o 4º e o 7º lugares. Tal ocorreu uma vez

¹⁷⁰ Principalmente a capacidade de escapar de “armadilhas” durante a aplicação.

¹⁷¹ Como colocado no sub-item 1.2 esta pergunta não seria o interesse principal, mas um possível benefício acessório da pesquisa realizada nesta tese.

¹⁷² Do ponto de vista do término e apresentação da tese.

¹⁷³ Decisões tomadas pelos alunos do curso.

que as equipes “humanas ou reais”¹⁷⁴ desta aplicação tiveram reações e tomaram decisões que se afastaram da média / moda registrada nas aplicações anteriores, sendo que uma das causas disto era a experiência e formação técnica dos jogadores em finanças e marketing, permitindo-lhes uma melhor reação no jogo. Isto foi notado no desenrolar da aplicação uma vez que as equipes aprenderam com os seus erros nos períodos iniciais, e por saberem que estavam competindo com quatro “sistemas” fez tomarem decisões mais arriscadas no início, para determinar os limites dos mesmos (não se analisa aqui se isto foi de forma consciente ou não).

Esta “mudança” no comportamento das equipes 1 à 6 acabou refletindo nas equipes do SEPADOLIGHT, treinado principalmente com amostras do JA do GI-EPS, que não conseguiram a partir da 5ª jogada compensar o “aprendizado” das equipes reais.

Contudo nem só isto foi fator determinante para os resultados pouco interessantes das equipes do SEPADO no jogo. Cada jogada é analisada a seguir.

3.5.1 Período 2

Jogada de abertura das aplicações GI-EPS, resultando em uma classificação momentânea ruim para as equipes 7 a 9 em análise, mesmo que as equipes 7 e 8 estivessem melhor classificadas que a equipe real 6 e a 9. Seus mix de preços mais agressivos (já comentados nos testes de laboratório) colocam as mesmas nas últimas colocações por falta de produtos para venda, o que reduz seus lucros total e unitário.

Tabela 3.17 - Resultados do teste de campo no período 2

	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5	Empresa 6	Empresa 7	Empresa 8	Empresa 9	Empresa 10
Classificação pelo Lucro Total	4º	6º	5º	1º	2º	9º	7º	8º	10º	3º
Lucro Total	7.127	6.300	6.888	7.970	7.654	6.300	6.144	6.143	3.343	7.483
Lucros no Período	6.636	5.810	6.397	7.480	7.163	5.810	5.653	5.653	2.853	6.992
Venda / Demanda	0,944885	0,916790	0,947700	0,945726	0,944102	0,947766	0,911171	0,909835	0,850318	0,945849
Lucro / Unidade	1,1578	1,0458	1,0443	1,2850	1,2854	0,8323	1,0177	1,0176	0,5135	1,1958
Fator de Kanitz	0,15	-0,62	-0,08	0,03	-0,21	0,29	-0,11	-0,11	-0,12	-0,40

3.5.2 Período 3

Já neste período, ainda de treinamento para as equipes reais, as equipes 7 a 9 tem um salto de desempenho quanto ao lucro, indo para o 2º e 3º lugares acumulados (equipes

¹⁷⁴ Decisões tomadas pelos alunos do curso.

7 e 8 respectivamente) e 7º lugar para empresa 9, que estava em último no período 2. Apesar de não ocorrer melhora em sua produtividade ou no marketing acumulado (Venda/Demanda), mas os preços já melhoraram as vendas para o período em análise. Da mesma forma, em termos financeiros a equipe 9 passa a se sobressair a partir deste período.

Tabela 3.18 - Resultados do teste de campo no período 3

	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5	Empresa 6	Empresa 7	Empresa 8	Empresa 9	Empresa 10
Classificação pelo Lucro Total	4º	6º	10º	4º	1º	8º	2º	3º	7º	9º
Lucro Total	7.127	14.598	12.727	15.530	16.903	14.312	16.851	15.656	14.397	12.740
Lucros no Período	6.636	8.298	5.840	7.559	9.250	8.696	10.707	9.512	11.054	5.257
Produtividade	1,037573	1,036133	1,036897	1,035019	1,035825	1,036686	1,033839	1,033839	1,034987	1,036033
Venda / Demanda	0,966760	0,927633	0,966856	0,964800	0,965509	0,967687	0,943446	0,925037	0,903841	0,962033
V / D no período	1,005270	0,943769	1,005299	1,005610	1,005122	1,005105	1,005113	0,952219	1,005026	1,004844
Custo Total	17,19	16,91	17,43	17,34	17,10	17,08	16,96	16,92	16,83	18,03
Lucro / Unidade	1,2263	1,1366	0,9930	1,4056	1,5206	1,3803	1,7570	1,5397	1,6751	1,2069
Fator de Kanitz	0,36	0,15	-0,46	0,16	-0,49	-0,95	0,52	0,51	0,49	-0,96

Nota-se uma melhoria nos fatores gerais das equipes 7 à 9, uma vez que as mesmas saem da região de penumbra no fator de Kanitz do período anterior, diferente do JA (equipe 10) que inclusive piora.

3.5.3 Período 4

O período 4 (vide tabela 3.19) é a primeira sazonalidade da aplicação, onde a experiência (aprendizagem) das equipes reais começa a mostrar os seus efeitos, apesar de que muito do resultado do período deve ser creditado à estocagem nos períodos anteriores, consequência das políticas de preço mais alto desta equipes.

Apesar da queda das empresas 7 à 9 e da subida da equipe 10, as três equipes do SEPADO mantêm-se a frente no quesito Custo Total, tendo um bom lucro unitário, apesar disto a empresa 7 é prejudicada pelo baixo nível de estoques.

3.5.4 Período 5

As empresas reais já estão treinadas no jogo a partir do período 5, passam a evitar experimentações mais arriscadas, preocupando-se mais em “acertar” o preço e equilibrar a produção, vide tabela 3.20. As empresas automáticas vão progressivamente perdendo

terreno na luta pela vitória, apesar da empresa 10 no marketing e a empresa 9 no financeiro ainda se sobressaírem.

Tabela 3.19 - Resultados do teste de campo no período 4

	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5	Empresa 6	Empresa 7	Empresa 8	Empresa 9	Empresa 10
Classificação pelo Lucro Total	1º	5º	8º	3º	2º	6º	10º	9º	7º	4º
Lucro Total	48.200	30.434	25.802	40.401	47.044	33.417	21.287	25.180	28.142	30.512
Lucros no Período	33.119	24.836	13.074	24.871	30.141	19.104	4.437	9.533	14.745	26.772
V / D no período	1,084047	1,128130	0,688888	1,126534	1,087637	1,126970	0,528648	0,664541	0,772581	1,127350
Custo Total	17,57	17,81	17,66	18,25	17,22	18,6	17,56	17,49	17,26	18,55
Lucro / Unidade	3,6840	4,0529	1,6425	3,9852	3,5653	3,0358	0,7689	1,5243	2,1152	3,0579

Tabela 3.20 - Resultados do teste de campo no período 5

	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5	Empresa 6	Empresa 7	Empresa 8	Empresa 9	Empresa 10
Classificação pelo Lucro Total	4º	3º	7º	1º	2º	10º	9º	8º	6º	5º
Lucro Total	58.245	58.540	43.412	65.816	63.407	20.240	23.415	33.440	43.558	56.870
V / D no período	0,831768	1,045127	1,031878	0,992934	1,043557	1,044444	0,662214	0,904478	1,039987	1,044540
Custo Total	18,09	17,72	18,04	17,98	17,69	19,09	18,01	18,09	17,71	18,75
Lucro / Unidade	1,3663	2,0270	2,5783	2,9648	2,5871	-1,6299	0,3700	1,4333	2,2172	1,9898

3.5.5 Período 6

Após um tempo para análise mais prolongado entre os períodos decidiu-se mudar um critério que não havia sido considerado mais importante até agora, o cálculo do V.U.¹⁷⁵ mais adequado à cada variável.

Desde o início da pesquisa trabalhou-se com um V.U. “conservador” e fixo, que demonstrou ser limitado pelos resultados obtidos até aquele momento, principalmente do ponto de vista da capacidade de produção. A amplitude dos valores de V.U. utilizados foi aumentada de 10 % para mais e para menos do que a média para 30 % acima e abaixo da média para todas as variáveis sugestão (exceto turno de trabalho¹⁷⁶).

Devido aos preços já estarem melhor ajustados esta mudança trouxe um melhor explicitamento das políticas (estratégias) das três equipes do SEPADO em que as empresas 7 e 8 passaram a estocar para a próxima sazonalidade e a equipe 9 continuou a aumentar o tamanho do seu mercado.

¹⁷⁵ Valor Utilidade.

¹⁷⁶ Os valores permaneceram em 1, 1.1, 1.2 e 2.

Tabela 3.21 - Resultados do teste de campo no período 6

	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5	Empresa 6	Empresa 7	Empresa 8	Empresa 9	Empresa 10
Classificação pelo Lucro Total	1º	2º	4º	5º	6º	10º	7º	8º	3º	7º
Lucro Total	99.271	74.063	70.838	68.220	66.990	35.315	36.771	49.754	71.533	55.696
Lucros no Período	41.025	15.523	27.426	2.404	3.582	15.075	13.356	16.314	27.975	-1.175
V / D no período	0,975544	1,084264	1,083646	0,603737	1,083676	0,631254	1,069807	1,080780	1,062227	0,984869
Market Share	12,65	11,34	10,08	8,87	10,81	9,76	7,58	7,65	11,08	10,17
Custo Total	17,74	18,06	18,21	18,41	17,82	19,31	18,43	18,34	17,45	19,04
No período	16,35	19,59	19,00	20,68	18,37	20,41	20,78	19,73	16,32	20,44
Lucro / Unidade	4,9209	2,0764	4,1267	0,4111	0,5029	2,3426	2,6733	3,2344	3,8291	-0,1752

3.5.6 Período 7

Continuam os efeitos do período anterior, sendo que algumas das empresas reais “queimam” estoques aumentando o seu lucro antes do período 8 (sazonalidade).

Tabela 3.22 - Resultados do teste de campo no período 7

	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5	Empresa 6	Empresa 7	Empresa 8	Empresa 9	Empresa 10
Classificação pelo Lucro Total	1º	2º	3º	6º	5º	8º	10º	9º	6º	7º
Lucro Total	128.432	118.787	105.73	88.212	101.015	71.571	50.639	70.844	100.092	78.442
Lucros no Período	29.162	44.704	34.835	20.103	34.025	36.256	13.868	21.090	28.558	22.746
Venda / Demanda	0975363	1,017535	0,941164	0,888818	0,999957	0,884464	0,820545	0,899215	0,933196	0,979472
V / D no período	1,035860	1,063034	1,063157	0,812310	0,888199	0,740303	1,062288	1,062800	1,010049	0,783196
Custo Total	18,06	17,77	18,38	18,62	17,88	19,14	18,84	18,60	17,64	18,97
Lucro / Unidade	3,2777	4,5468	4,0496	2,5949	4,4017	4,6673	2,6063	3,7701	4,8159	3,9231

3.5.7 Período 8

O SEPADOLIGHT apresenta um problema na sua capacidade de crescimento no volume de produção, pois sua política de preços estimula uma forte demanda que o volume de produção não acompanha. Isto recomendaria mudanças na estrutura das variáveis desta área, tornando-o mais parecido com o SEPADOFULL, que tem uma estrutura mais agressiva no quesito investimento em Imobilizado. Não se deve esquecer que a versão SEPADOLIGHT utiliza uma estrutura de variáveis mais simples do que a versão completa, o que aparentemente neste caso diminuindo a *elasticidade* na sua capacidade de crescimento neste item.

Tabela 3.23 - Resultados do teste de campo no período 8

	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5	Empresa 6	Empresa 7	Empresa 8	Empresa 9	Empresa 10
Classificação pelo Lucro Total	1º	3º	2º	6º	5º	4º	10º	9º	7º	8º
Lucro Total	194.342	171.407	179.823	144.682	154.405	154.811	99.593	110.780	144.248	119.559
Lucros no Período	65.910	52.640	74.150	56.360	53.391	83.240	48.954	39.936	44.157	41.117
Venda / Demanda	0,997069	0,923032	0,964215	0,917448	0,951620	0,914533	0,845951	0,870322	0,920557	0,962621
V / D no período	1,152168	0,665097	1,100177	1,135949	0,754256	1,063469	0,966829	0,747277	0,844550	0,846257
Lucro / Unidade	7,8492	4,3339	7,9526	7,5448	6,2438	7,4481	5,1363	5,1966	6,6894	7,2735

3.5.8 Período 9

Período final do jogo, nota-se que a chamada política do “tudo ou nada”, pelo menos para as equipes 7 e 8 é visível, em termos de lucro (Uma queima de estoques ?). Como em toda a aplicação a estratégia escolhida para as equipes 7 e 8 não foi a mais adequada para a aplicação teste. Da mesma maneira que com a variável para investimento no Imobilizado, aparentemente seria necessário rever a estrutura de criação da variável Estratégia, uma vez que a mesma parece estar distribuindo os exemplos da amostra de forma irregular, concentrando os melhores casos na alternativa Ganhar Mercado, equipe 9, desta maneira as outras equipes ficam com um conjunto limitado de casos para utilizar como base para as suas decisões.

Tabela 3.24 - Resultados do teste de campo no período 9

	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5	Empresa 6	Empresa 7	Empresa 8	Empresa 9	Empresa 10
Classificação pelo Lucro Total	1º	3º	2º	7º	5º	4º	10º	9º	6º	8º
Lucro Total	220.902	197.691	204.478	151.977	164.455	184.811	100.158	112.702	158.876	134.571
Lucros no Período	26.560	26.284	24.656	7.294	10.050	10.000	565	1.922	14.628	15.011
Venda / Demanda	1,001292	0,934173	0,964215	0,923842	0,956991	0,924904	0,839250	0,853458	0,920557	0,967232
V / D no período	1,032785	1,026364	1,100177	1,032684	1,026499	1,032978	0,789611	0,720472	0,844550	1,029322
Custo Total	18,53	17,92	18,64	19,20	18,54	19,45	19,01	18,91	18,16	19,20
Lucro / Unidade	3,2304	3,1113	4,5491	2,1180	2,1986	1,6124	0,0933	0,3891	2,7858	3,7184

4. CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS

Apresenta-se neste capítulo as conclusões e comentários acerca do trabalho, além dos itens que deverão ser aprofundados em novas pesquisas.

4.1 Objetivos atingidos

Nesta tese foram elencados objetivos que em parte foram atingidos, porém ainda não de forma conclusiva. Que são:

- *Desenvolver um Sistema de Apoio à Decisão no GI-EPS utilizando SPIRIT, sugerindo um conjunto de decisões para uma empresa no período sob análise.* No seu estágio atual o SEPADO já atua como ferramenta de apoio, mesmo não colocando o melhor conjunto de decisões para todas as situações. Acredita-se portanto que diversos pontos possam ser revisados, ampliados ou melhorados quanto à qualidade da informação que o sistema fornece e recebe;
- *Mediante o uso do GI-EPS e SPIRIT, contribuir na discussão de questões relacionadas com o uso de SE, SEP, complexidade de construção de JE e SE em geral.* A própria justificativa da escolha do SPIRIT como ferramenta geradora do SEP no capítulo 2 e também o desenvolvimento do método de geração de regras e determinação do *alpha-learning* no capítulo 3¹⁷⁷ serviram a este propósito. Não se deve esquecer o que foi comentado nas restrições apresentadas ao final do capítulo 1, uma exploração mais profunda da construção de JE e do funcionamento do GI-EPS não se justifica, por existirem trabalhos recentes como o de Dettmer [DET2001] sobre o tema. Mesmo que o assunto não esteja esgotado, ainda assim julgamos não ser interessante nos estendermos sobre o tema nesta tese;
- *Permitir que o sistema possa combinar algumas das técnicas de uso já comum em sistemas mais avançados, empregando-as como base para o sistema, utilizando a ferramenta SPIRIT.* O SEPADO utiliza algumas das

¹⁷⁷ Sub-item 3.2.2, tópico 3.2.4 “Teste2” e sub-item 3.2.5.

técnicas de construção de SEP mais recentes, podendo ainda assim receber algumas melhorias. O SPIRIT também vem recebendo melhorias em sua versão de desenvolvimento, melhorias estas que já se refletem no SEPADOLIGHT testado. Após o processo de codificação em JAVA do gerador de regras, pôde-se determinar que existem ainda pontos a serem trabalhados na própria ferramenta SPIRIT, para que o processo de preparação e uso dos dados seja potencializado, principalmente para que a versão SEPADOFULL possa ser criada, isto será tratado mais especificamente no sub-item 4.4;

- *Desenvolver metodologia de construção de regras para sistemas especialistas probabilísticos adequada ao modelo de rede utilizado pela ferramenta SPIRIT, que procure quando possível combinar metodologias já testadas anteriormente em outros sistemas probabilísticos.* Como colocado nos capítulos 2 e 3 a metodologia desenvolvida era necessária em face das limitações que as outras metodologias apresentavam e pelo fato de SPIRIT, ao não enfatizar nenhuma metodologia, deixar este ponto em aberto para desenvolvimento;
- *Realizar um estudo sobre o efeito que o uso deste instrumento tem sobre o desempenho das equipes da aplicação.* Pelos resultados obtidos o uso do SEPADO forneceria uma melhoria nos resultados que as equipes pior classificadas podem obter. Os resultados atuais demonstram que o mesmo pode ser utilizado como uma ferramenta de consultoria e substituição de empresas (Empresa Virtual)¹⁷⁸ e não como um substituto direto das decisões das equipes. O que invalidaria o objetivo de aprendizagem das equipes, que justifica o desenvolvimento dos JE. Apesar de normalmente apresentar decisões muito interessantes para as empresas com piores resultados, ainda deve ser trabalhada a busca do "melhor" conjunto de decisões para todas as situações, contudo já permite às equipes ter uma idéia de onde "começar", ou da decisão mínima a tomar, e;
- *Testar a capacidade da ferramenta SPIRIT para o uso em situações como as fornecidas pelo GI-EPS.* O SPIRIT teve um desempenho aceitável quando da construção do SEPADO. Julga-se aceitável pela falta no próprio SPIRIT de uma ferramenta automatizada de construção de regras, o que normalmente dificulta o processo como um todo pelo longo tempo gasto para preparar as regras. Acreditamos que a própria metodologia desenvolvida neste trabalho deva ser ampliada, e.g., o uso do ID3 original, antes impossível no conjunto de

¹⁷⁸ Que é o objetivo normalmente esperado quando do desenvolvimento de um SE.

dados utilizado nesta proposta, com as devidas ampliações no uso do *Alpha-Learning*, e a fusão com a metodologia proposta, agora passa a ser viável. Nota-se contudo que a metodologia atual ainda sofre pelos inevitáveis excessos no número de regras que ela própria cria, mesmo que sejam também resultado natural do α utilizado, tanto que em certos momentos cria mais de 10 regras para uma instância, algo desnecessário para fins de tempo de processamento no caso da convergência da entropia calculada pelo SPIRIT. Fato que com a fusão com outras metodologias deve ser corrigido.

4.2 Consultor

Esta tese indica que a versão atual do SEPADO¹⁷⁹ atue mais como consultor para as equipes do que um substituto das mesmas na formulação das estratégias e decisões. Sendo que o mesmo demonstrou, mais de uma vez, estar tomando decisões arriscadas nos testes 2 à 6. Desta maneira o seu uso como substituto das decisões da equipe na aplicação é recomendável com restrições¹⁸⁰. A equipe deve pesar bem os objetivos, a estratégia e a forma como irá colocar as sugestões no momento de implementar as decisões, principalmente na capacidade de produção. Pelo menos enquanto não for melhorada a qualidade da base do SEPADO, com a inserção de maior número de aplicações reais, para contrabalançar as "aplicações ideais" do Jogador Automático do GI-EPS, que foram inseridas na base do sistema. Sendo um dos fatores para os resultados não tão interessantes no teste de campo com as empresas "reais", haja visto que, até a empresa automática (equipe 10) não se saiu bem na aplicação, devido às empresas "reais" deste teste tomarem decisões "melhores" que a média "histórica" das aplicações.

¹⁷⁹ Versão SEPADOLIGHT.

¹⁸⁰ Mesmo porque não é este o objetivo do uso de um SEP pelas equipes em JE.

4.3 Simulador GI-EPS (Jogador Automático)

O uso do SEPADO¹⁸¹ como jogador automático no GI-EPS é interessante no caso de não ser possível a criação de um mínimo de equipes para jogar a aplicação, por falta de pessoas em número suficiente¹⁸². O SEPADOFULL assumiria então no lugar de uma ou mais equipes completas.

Se considerar-se contudo que o SEPADO não deva ser utilizado como substituto direto das decisões das equipes na aplicação, as equipes podem utilizá-lo somente como um consultor¹⁸³. O mesmo não pode ser dito da função de geração de decisões automáticas do GI-EPS. Esta função realiza também a substituição de uma equipe que não tenha enviado suas decisões a tempo. O SEPADO provou no primeiro conjunto de testes que pode gerar perturbações no mercado mais fortes do que o simulador atual do GI-EPS realiza. Estas perturbações são extremamente interessantes do ponto de vista da aprendizagem das equipes, pois fazem com que elas tenham de atuar em mercados desfavoráveis para as equipes, fazendo com que os treinandos busquem não só a sobrevivência da empresa, mas o lucro e os outros objetivos da aplicação de forma mais competitiva do que nas aplicações atuais.

Da mesma maneira, no segundo conjunto de testes o SEPADOLIGHT provou que tende a sugerir um conjunto melhor de decisões, ao menos em comparação com a equipe pior classificada; de maneira que o seu uso de forma isolada, principalmente na versão completa (SEPADOFULL), como uma equipe competidora alternativa, sob a responsabilidade do animador do jogo, é plenamente justificável por realmente "jogar a aplicação".

Até mesmo quando foi aplicado no teste de campo, mesmo com resultados não satisfatórios, mostrou-se melhor do que a empresa automática já em uso no GI-EPS em vários quesitos, sendo que ainda é necessária uma melhor "calibragem" no volume de produção projetado via V.U.¹⁸⁴, para acertar com a demanda que os preços calculados geram.

Esta calibragem passa pela própria redefinição da variável investimento no imobilizado, uma vez que o SEPADOLIGHT pretende ser um resumo, perde capacidade

¹⁸¹ Versão SEPADOFULL.

¹⁸² O ideal é um mínimo de 3 equipes participantes, cada uma com 4 membros, o que totaliza 12 jogadores.

¹⁸³ Razão pela qual foi feita a diferenciação entre SEPADOLIGHT (consultor) e SEPADOFULL (JA).

¹⁸⁴ V.U.: Valor Utilidade, vide apêndice 3.

informativa na versão *simplificada* em relação à versão completa SEPADOFULL, como pode ser comparado nos apêndices 3 e 4 onde se apresentam as descrições das variáveis de ambas as versões.

4.4 SPIRIT

Merece destaque que os comentários sobre problemas e mudanças na ferramenta SPIRIT feitos a seguir *podem já ter sido solucionados no todo ou em parte* quando da divulgação da tese. Também deve-se ressaltar que muito do que se comentará aqui é mais técnico, voltado à programação em JAVA, do sistema SPIRIT em si.

A ferramenta SPIRIT, como um utilitário para a construção de SEP autônomos de grande eficiência, necessita de mudanças. Apesar de que a filosofia de processamento da rede bayesiana utilizada seja complexa e realmente diferencial (ao que outras ferramentas da mesma área apresentam) faça toda a diferença quanto a qualidade da mesma, os problemas na interface de programação, e a falta de alguns itens no conjunto da base do especialista gerado, trazem dificuldades.

Uma vez que a ferramenta é desenvolvida na Alemanha, a distância, apesar de todas as tecnologias atuais como *e-mail* e videoconferência, prejudica um trabalho mais ativo nestas correções como um todo.

SPIRIT necessitaria de uma mudança na forma em que a suas bibliotecas foram definidas, para que permita a sua inclusão mais efetiva no código de outros sistemas que precisem utilizá-lo.

Exemplo disto é a rotina de escolha da melhor estrutura de LEG a ser utilizada pelo sistema. Atualmente existem 4 alternativas possíveis: Máxima Busca Cardinal, Mínimo Preenchimento, Mínimo Tamanho e Mínimo Peso¹⁸⁵. No site do SPIRIT¹⁸⁶ existe na área de auxílio à programação a explicação do algoritmo para escolha do melhor conjunto de LEG entre as quatro alternativas. Isto facilita o desenvolvimento, caso o desenvolvedor queira inserir uma *nova* quinta forma de definir o conjunto de LEG a ser utilizado. Por outro lado seria mais interessante, pelo bem das técnicas de reaproveitamento de código e no caso da equipe SPIRIT inserir uma nova técnica, tornar livre para acesso à um programa externo a rotina que já está na classe SPIRITshell.class, que faz este cálculo para o sistema SPIRIT. Isto impediria que um sistema baseado no SPIRIT ficasse obsoleto mais rapidamente por mudanças na estrutura interna da ferramenta.

¹⁸⁵ Tradução livre dos nomes utilizados no menu de opção *Structure* do SPIRIT.

¹⁸⁶ <http://www.xspirit.de>, verificado em 05/06/2003.

Dentro deste item, desenvolvimento de ferramentas baseadas em SPIRIT, ocorreu um fato que veio a dificultar o processo de desenvolvimento do gerador automático de regras durante o desenrolar desta tese. Ocorreram mudanças significativas entre as versões 3.0.68 e 3.0.9.8.8 em diante, na forma como certas funções membro das classes SPIRIT passaram a ser definidas; mudanças estas que não foram atualizadas no site, em sua área de programação, o que atrasou o desenvolvimento pois motivou uma busca por funções equivalentes na árvore de classes das novas versões em relação às antigas, das quais felizmente dispunha-se do código fonte para análise. Esta disponibilidade ajudou a suprir as funções privadas (proibidas para acesso por outros sistemas) com código antigo, mas ainda funcional, nos casos como o descrito no parágrafo anterior. Desta maneira uma revisão da área de programação do site, inclusive com a atualização da ajuda embutida na própria ferramenta seriam necessários.

Outra alteração recomendável para o SPIRIT seria a inclusão no arquivo do especialista gerado (.spirit) ou em um novo arquivo específico (com extensão .spirit-leg por exemplo) de um mapa binário. No caso seria o próprio objeto SPIRITbase, mesmo que sob a forma resumida, da estrutura de LEG gerada, contendo todas as regras explícitas ou não¹⁸⁷ e suas probabilidades durante o processo de desenvolvimento. Para que não se perca tempo no processo de leitura e inicialização de qualquer sistema desenvolvido em SPIRIT. Atualmente para se trabalhar com qualquer sistema em SPIRIT é necessário se carregar o arquivo do especialista, em seguida (caso necessário) o banco de amostra (*Alpha-Learning*) e posteriormente realizar o recálculo da estrutura. Isto gera problemas, e.g., caso SPIRIT seja carregado diretamente em uma página *web*¹⁸⁸ somente o conteúdo do arquivo do especialista pode ser lido, o banco de amostra não. E atualmente para o SEPADO isto impede a operacionalização do mesmo pelo tempo de convergência da base de conhecimento via cálculo direto da estrutura de LEG no computador sem o uso de *Alpha-Learning*. Com este mapa gerado, em vez de terem de ser transportados e lidos até dois arquivos para o sistema (.spirit e .spirit-db) bastaria ser enviado somente um (.spirit-leg) que embutiria toda informação necessária à execução imediata do sistema, sem paradas para recálculo de estrutura, como ocorre atualmente.

Infelizmente a equipe SPIRIT não havia conseguido determinar a causa de um problema que diminuiu a versatilidade no uso do SPIRIT. Ocorre que existe, como colocado no exemplo apresentado no tópico 2.6.2 “O princípio de Máxima Entropia”, uma faixa de erro aceitável no modo de cálculo da entropia dentro do SPIRIT. Durante o desenvolvimento das várias versões do SEPADO determinou-se que dentre as duas alternativas de cálculo

¹⁸⁷ No caso os valores gerados pela entropia.

¹⁸⁸ Vide exemplo do modo *applet* no próprio site do SPIRIT.

automático oferecidas por SPIRIT para encerrar o processo de interação em busca da entropia no sistema (opção *File+Options... Termination of iteration*) seria utilizado o modo automático 2, *If log(alpha0) below threshold B*, sendo B igual a $\log(a_{0,k+1} / a_{0,k}) = 1.0E-9$.

Ocorre que isto, após a resolução de problema anteriormente apontado na manipulação de valores de probabilidade muito baixa (valores em ponto flutuante) pelo SPIRIT (até a versão 3.0.9.8.8, solucionado na versão atual 3.108), passou a gerar um estouro de pilha na máquina virtual JAVA toda vez que se buscava gerar o SEPADOFULL. Sendo somente possível gerar o SEPADOLIGHT, que não é suficientemente adequado como JA do GI-EPS, apesar do relativo sucesso no teste de campo com o mesmo.

Desta forma a solução temporária apontada pelo grupo SPIRIT foi o uso da opção automática 1, em que o desvio é comparado diretamente (ainda é utilizado 1.0E-9), sem o cálculo entre a variação de log da probabilidade anterior e nova probabilidade. Mesmo assim ainda se está verificando porque *aparentemente*¹⁸⁹ com esta sugestão de solução temporária¹⁹⁰ muitas regras e fatos antes aceitos no processo de geração de regras, agora passaram a ser rejeitados.

4.5 SEPADO x GI-EPS X SAD-GI

Como colocado no sub-item anterior ainda falta o desenvolvimento da versão SEPADOFULL, proposta no apêndice 4. Acredita-se contudo que não seria interessante o seu desenvolvimento imediato uma vez que o mesmo exigiria uma melhor integração do GI-EPS e do SAD-GI com o SEPADO. Mesmo que somente no nível de exportação automática da situação da empresa para o SEPADOFULL, e posterior importação pelo SAD-GI do conjunto de decisões projetadas pelo mesmo, seguida finalmente com a implementação do retorno do conjunto de decisões para jogar no período dentro do GI-EPS.

Também é necessária a ampliação no número de aplicações disponíveis para a construção do especialista. O GI-EPS sofre, em cada troca de versão e por ter também três tipo de aplicação (Full, Micro e Light), de perdas na portabilidade da memória das aplicações para a sua versão equivalente mais recente; principalmente por mudanças na filosofia adotada em partes do sistema com que o SEPADO está apto a trabalhar. Isto impede que o histórico já disponível de aplicações anteriores possa ser importado pelo SEPADO e

¹⁸⁹ Esta se verificando se é algum erro “escondido” no código do gerador automático e não mais outro erro imprevisto na biblioteca do SPIRIT.

¹⁹⁰ Recomendou-se à equipe SPIRIT determinar o ponto de estouro no código SPIRIT, e a inserção de uma estrutura TRY-CATCH para interceptar este erro pelo sistema, resolvendo em definitivo este erro.

considerado na construção de um especialista mais eficiente, vide a origem das aplicações para a 2ª série de testes em diante (sub-item 3.3.1). Inclusive, conforme estudos do próprio grupo SPIRIT, deveria ser obtida uma base de amostras que contivesse pelo menos 3.000 exemplos para que o mesmo pude-se funcionar de acordo. Neste quesito nossa proposta de cálculo do *Alpha-Learning*, confiança na qualidade da amostra, mostra-se também interessante para suprir os casos em que este volume de amostra não é possível de ser obtido.

Como já comentado no sub-item 4.1 é possível, com a fusão da metodologia utilizada nesta proposta, sob a forma de refinamento de outras, tipo *ID3* (vide no sub-item 2.8.1), chegar a um conjunto menor e mais rápido de regras do ponto de vista de processamento pelo SPIRIT. Isto é necessário até que sejam feitos os refinamentos no sistema de criação do especialista no próprio SPIRIT, arquivo de LEG sugerido no sub-item 4.4. De maneira que o mesmo mantenha um maior conjunto de informações sobre a Rede Causal gerada.

4.6 Uso de SE para a melhoria na qualidade do ensino

Como colocado no item 1.2 não se procurou enfatizar como um dos objetivo desta tese o processo de ensino / aprendizagem baseado no trabalho de Wilhelm [WIL97] que coloca não existir um ganho qualitativo com o uso dos SSD no processo. O teste de campo mostrou contudo que é possível o uso dos mesmos como um ponto de comparação entre as decisões e resultados das equipes da aplicação, principalmente quando as mesmas não tomam as decisões mais adequadas para a jogada. Outro fator notado durante o teste é que na maioria das aplicações ministradas pode ocorrer que não existam disponíveis computadores em número suficiente para as equipes, o que impediria o uso do SEPADOLIGHT (o consultor) pelas mesmas. Desta forma somente o SEPADOFULL, empregado pelo animador na mesma máquina em que é rodado o GI-EPS pode ser utilizado. Sendo que somente a comparação de decisões / desempenho ao final da aplicação é possível. Deixando a aprendizagem para o “processo de competição entre as equipes e o JA”, ou seja, tentativa e erro.

Seria possível portanto realizar uma aplicação em que o animador, uma vez processadas as decisões das equipes para uma determinada jogada, fizesse o reproprocessamento da mesma com a correção pelo JA das decisões da pior ou das duas piores empresas no período. Com isto tornaria-se possível a comparação das decisões das equipes com as do JA sendo assim factível a identificação dos pontos onde os alunos precisam de maior atenção. O que também é um valioso auxiliar do processo de ensino/aprendizagem.

Existem várias diferenças, tanto na abordagem, quanto na forma como foram construídos os SEP desta tese e de Wilhelm [WIL97] bem como os JE utilizados (GI-EPS nesta e VIRTUAL 3 na de Wilhelm). Portanto é interessante uma nova pesquisa com o objetivo de rever os resultados de inconsistência (base para a conclusão da tese do referido autor) apontados pela uso de SPIRIT no jogo da ferramenta VIRTUAL 3, pois na referida tese o conjunto de regras teve seus pesos calibrados somente pelo especialista humano, sem auxílio de um conjunto amostral para reforçar ou reprimir os mesmos, o que pode ter colocado muita força em determinadas áreas e subestimado outras. Devido a isto é, interessante que seja feita esta nova pesquisa também com o VIRTUAL¹⁹¹ 3, bem como uma pesquisa com a mesma metodologia de Wilhelm, desta vez utilizando o GI-EPS como o jogo de teste, o que permitiria uma melhor análise do nível de aprendizagem das equipes com o uso deste tipo de ferramentas.

Também seria interessante um estudo, uma vez que surgiram indícios de aprendizagem coletiva no teste de campo, dos efeitos sobre a aprendizagem de grupo que o uso das ferramentas de IA podem causar nos JE.

4.6 Comentários Finais

O SEPADO apresentou sua viabilidade nos testes já permitindo que o mesmo atue como auxiliar ou substituto das equipes¹⁹², bem como sirva de base para estudo pelos participantes das relações entre as várias partes do processo de administração de uma empresa real (e.g., via análise do banco de regras do sistema).

Como qualquer ferramenta de uso prático o SEPADO precisa evoluir continuamente, na busca de solucionar os problemas que surgem da aplicação teórica no campo prático do dia-a-dia. Mesmo que não venha a ser amplamente utilizado no futuro SPIRIT também provou que é uma ferramenta adaptável às necessidades de treinamento da moderna administração, sendo que sua facilidade de uso crescerá substancialmente quando os problemas apontados no sub-item 4.4 forem resolvidos.

Deve-se enfatizar um ponto que durante o desenrolar da preparação desta tese ficou claro. Durante consultas às várias pessoas envolvidas nos grupos GI-EPS e SPIRIT, ocorreu que a crítica feita pelas mesmas aos resultados “fracos” de certas variáveis eram resultado do conjunto de regras associado às mesmas.

¹⁹¹ Ou versão do sistema VIRTUAL atualmente em uso pela equipe do prof. Wilhelm.

¹⁹² Melhorias no conjunto de variáveis e estrutura de regras geradas sempre podem ser testadas.

Curiosamente, após analisar a fundamentação teórica (capítulo 2) e desenvolver o sistema (capítulo 3) ficou claro que SPIRIT, no caso com o uso de amostras (*Alpha-Learning*), não poderia estar fornecendo sugestões equivocadas por um “erro” na sua estrutura de regras. SPIRIT é muito mais versátil e poderoso para sofrer erros na base de regras, pois como um bom SEP ele depende mais dos fatores externos fornecidos ao mesmo do que da estrutura internamente utilizada para representá-los. Em outras palavras, conforme o teorema de Bayes, não importa a ordem utilizada para representar o sistema. Importa que o sistema tenha todos os dados necessários para o mesmo, uma vez que o sistema somente *representa* ou *simula* o ambiente modelado. Ao se analisar o teorema de Bayes e a base probabilística que gera o Sistema Causal em SPIRIT, conclui-se que qualquer imprecisão ou erro que o mesmo possa gerar prende-se à três possíveis áreas:

- Definição e estrutura de variáveis: ponto central do processo de mineração de dados e aprendizagem de máquina em geral, pois uma escolha equivocada de uma variável e de suas instâncias (definição das mesmas) pode gerar uma escolha de alternativa errada. Existem ferramentas em teste¹⁹³ que uma vez incorporadas ou integradas à SPIRIT melhorariam o processo de construção de seus sistemas mais complexos;
- Qualidade e confiança na amostra: como colocado no sub-item 4.5, o tamanho e o grau de confiança que se tem em que a amostra realmente representa o universo em estudo influi na geração de todo o sistema em SPIRIT. O teste de campo apontou um caso clássico, em que os jogadores tinham um perfil acima da média em relação aos de jogadores de partidas inseridas no sistema, e ao perfil de decisão que o JA atual do GI-EPS embute, e;
- Valor utilidade: também ficou claro que a escolha de um conjunto de valores utilidade para cada alternativa das variáveis de decisão do sistema precisa de maiores estudos. Durante o teste de campo foi realizado um “esticamento” nos limites das VU da maiorias das variáveis sugestão do sistema, exceto a relativa com horas extras, o que provou ter influência nos resultados. Isto sugere que novos estudos sobre como definir estes valores de maneira mais dinâmica e automática possível pelo SPIRIT são interessantes.

¹⁹³ Veja um exemplo em www.weka.org e www.autoclass.net. Verificados em 01/10/2002.

Baseado nos três fatores acima chega-se a conclusão que novos estudos nestas três áreas ajudariam a refinar a qualidade das decisões obtidas com o uso do SPIRIT. Também é interessante observar que nesta Tese se desenvolveu uma fórmula para cálculo do valor do Alpha-Learning. Esta fórmula é uma primeira tentativa para se trabalhar com a incerteza sobre a qualidade da amostra utilizada. Desta maneira novos estudos para o refinamento da fórmula e quantificação do limite superior¹⁹⁴ da amostra deverão ser realizados.

De qualquer maneira o objetivo principal foi atingido. Construiu-se um SEP capaz de fornecer sugestões de decisão para equipes do GI-EPS. Decisões estas, que se ainda não são as melhores possíveis; são melhores que as que seriam fornecidas pela média das equipes participantes das aplicações GI-EPS.

¹⁹⁴ Necessário para estabelecer a partir de que tamanho de amostra o α pode ser utilizado com o valor igual a 1.

5. REFERÊNCIAS

5.1 Referências citadas no Texto

- [AND58] ANDLINGER, G. R.. Business games: play one!. **Harvard Business Review**, v. 36, n. 2, p. 115-125, mar. / abr. 1958.
- [ANG93] ANGELINE, P. J.. **Evolutionary algorithms and emergent intelligence**. 1993. Tese (PhD). The Ohio State University, Ohio, USA.
- [AUS90] AUSTIN, S.. An introduction to genetic algorithms. **AI Expert**, 1990, v. 1, n.º 1, p. 48 – 53.
- [AZE91] AZEVEDO, F. M. de.; *et al.*. Two approaches in case-based connectionist expert systems. In: **Artificial Intelligence and Neural Networks (AINN'91)**. M.H. Hanza (editor), Acta Press, Anaheim, Calgary.1991, p. 13 – 17.
- [AZE97] AZEVEDO, F. M. de.. Uma proposta de modelos formais de neurônios e redes neurais artificiais. In: **III Congresso Brasileiro de Redes Neurais (CBRN'97)**, p. 503 – 514, Florianópolis, Brasil, 1997.
- [AZE99] AZEVEDO, F. M. de.. Algoritmos genéticos em redes neurais artificiais. In: **Anais do V Congresso Brasileiro de Redes Neurais (CBRN'99)**. São José dos Campos, Brasil, 1999, p. c091 – c121.
- [AZE2000] AZEVEDO, F. M. de; BRASIL, L. M.; OLIVEIRA, R. C. L. de. **Redes neurais com aplicações em controles e sistemas especialistas**. Bookstore, Florianópolis, 2000.
- [BAC97] BACK, T.; HAMMEL, U.; SCHWEFEL, H. P.. Evolutionary computation: comments on the history and current state. **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**. 1997, v. 1, n. 1, p. 3 – 17.

- [BAR93] BARRETO, J. M.; AZEVEDO, F. M. de.. Connectionist expert systems as medical decision aid. **Artificial Intelligence in Medicine**. 1993, v. 5, n. 1, p. 515 – 523.
- [BAR96] BARRETO, J. M.. **Conexionismo e a resolução de problemas**. 1996. Tese (Concurso para Professor Titular). UFSC. Florianópolis.
- [BAR86] BARROS, A; LEHFELD, J. P.; NEIDE, A. S. **Um guia para a inicialização científica**. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.
- [BAY63] BAYES, T.. **An essay to towards solving a problem in the doctrine of chances**, Phil. Trans. 3. p. 370 - 418. Reproduzido em dois artigos de Thomas Bayes, ed. DEMPING, W. E.. New York: Hafner, 1963.
- [BEG76] BEGHELLI, S.; GIUDORZI, R.. Bilinear systems identification from input-output sequences. In: **Preprint of 4th IFAC Symp. Ident. & Syst. Par. Est.**. Tbilisi, Russia, 1976, p. 1759 – 1764.
- [BIL79] BILLINGS, S. A.; FAKHOURI, S. Y.. Identification of factorable volterra systems. In: **Proc. IEEE**. 1979, v. 126, n^o 10, p. 1018– 1024.
- [BIL82] BILLINGS, S. A.; FAKHOURI, S. Y.. Identification of systems containing linear dynamic and static nonlinear elements. In: **Automatica**, 1982, v. 18, n.^o 1, p. 15 – 26.
- [BRA95] BRAGA, M. J. F.; BARRETO, J. M.; MACHADO, M. A. S.. **Conceitos da matemática nebulosa na análise de risco**. Artes & Rabiscus Comunicação Empresarial Ltda., Rio de Janeiro, R. J., 1995.
- [BRA97] BRASIL, L. M. *et al.*. Extração de regras básicas para sistemas especialistas conexionistas. In: **Anales del IV Coloquio de Bioingeniería, COLOQUIO´ 97** Valência, Venezuela, 1997, p. TS-40 – TS-46.
- [BRA99] BRASIL, L. M.. Proposta de arquitetura para sistema especialista híbrido e a correspondente metodologia de aquisição do conhecimento. 1999. Tese (PhD). UFSC. Florianópolis.
- [CAR99] CARNEIRO, A. L. et al. **Introdução a redes bayesianas**. Relatório de pesquisa CIC/UnB. Disponível por ftp em: <ftp://ftp.cic.unb.br/ub/publications/report/rr.99-09.ps.Z>.
- [COH85] COHEN, P. R.. Heuristic reasoning about uncertainty: an artificial intelligence approach. Boston: Pitman, 1985.

- [COR89] CORDINGLEY, E. S.. **Knowledge elicitation techniques for knowledge-based systems**. In: DIAPER, D.. Book knowledge elicitation - principles, techniques and applications, Chichester: John Wiley & Sons, 1989.
- [CSI75] CSISZÁR, I.. I-Divergence geometry of probability distributions and minimization problems. **The Annals of Probability**, 1975, Vol. 3, N.º 1, p.145-158.
- [DAR1859] DARWIN, C.. **On the origin of species**. Grolier Enterprises Corp., Danbury, Connecticut, 1859.
- [DAW93] DAWSON, R.. **Decisões certas e seguras sempre!** Rio de Janeiro: Editora Campus, 1993.
- [DET2001] DETTMER, A. L.. **Concebendo um laboratório de engenharia de produção utilizando um jogo de empresas**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis.
- [DUN50] DUNN, L. C.; DOBZHANSKY, T. H.. **Hereditary, race and society**. Mentor Books – The New American Library, USA, 4ª ed., USA, 1950.
- [FOG95] FOGEL, D. B.. Evolutionary computation: toward a new philosophy of machine intelligence. IEEE Press, New York, USA, 1995.
- [FOX86] FOX, J.. Three arguments for extending the framework of probability. **Uncertainty in Artificial Intelligence**, eds. KANAL, L. N. e LEMMER, J., p. 447 - 458, Amsterdam: North-Holland, 1986.
- [GAL88] GALLANT, S. I.. Connectionist expert systems. **Communications of the ACM**. 1988, v. 31, n. 2, p. 152 – 169.
- [GAL93] GALLANT, S. I.. **Neural network learning and expert systems**. MIT press, Cambridge, Massachusetts, 1993.
- [GOL89] GOLDBERG, D. E.. **Genetic algorithms in search, optimization and machine learning**. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading, Massachusetts, 1989.
- [GOL82] GOLDSCHLAGER, L.; LISTER, A.. **Computer science: a modern introduction**. Prentice Hall, New Jersey, 1982.

- [GRE86] GREFENSTETTE, J. J.. Optimization of control parameters for genetic algorithms. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**. 1986, v. SMC-16, nº 1, p. 122– 128.
- [GUP94] GUPTA. M. M.; RAO, D. H.. **Neuro-control systems: a tutorial**. IEEE Press, Saskatoon. Canada, 1994.
- [GUP94a] GUPTA. M. M.; RAO, D. H.. On the principles of fuzzy neural networks. In: **Fuzzy Set and Systems**. 1994, v. 61, nº 1, p. 1– 18.
- [GUY96] GUYTON, A. C.; HALL, J. E.. **Textbook of medical physiology**. W. E. Saunders Company, Philadelphia, London, 10ª edição, 1996.
- [HAB99] HABERKORN, E.. **Teoria do ERP: enterprise resource planning**. MAKRON Books, São Paulo, 1999.
- [HAJ92] HÁJEK, P.; HAVRÁNEK, T.; JIROUŠEK, R.. **Uncertain information processing in expert systems**. CRC-Press, Boca Raton, Florida, 1992.
- [HAN96] HAN, I., CHANDLER, J. S., LIANG, T. -Peng. The impact of measurement scale and correlation structure on classification performance of inductive learning and statistical methods, **Expert Systems With Applications**, Elsevier Ltd, 1996, vol. 10(2), p. 209-221.
- [HAY83] HAYES-ROTH, F.; WATERMANN, D. A.; LENAT, D. B.. **Building expert systems**. Addison-Wesley, 1983 referência em [MOR92].
- [HEB49] HEBB, D.. **Organization of behavior**. John Wiley & Sons, New York, USA, 1949.
- [HEC88] HECHT-NIELSEN, R.. Neurocomputing: Picking the human brain. **IEEE Spectrum**. 1988, v. 25, n. 3, p. 36 – 41.
- [HER91] HERSKOVITS, E. & COOPER, G.. An Entropy-Driven system for construction of probabilistic expert systems from database. Stanford University, EUA, 1991.
- [HOL75] HOLLAND, J. H.. **Adaption in natural and artificial systems**. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1975.
- [HOL91] HOLTZ, F.. **Sistemas especialistas: programando em Turbo C**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1991.
- [HRU97] HRUSCHKA, Jr.. Propagação de evidências em redes bayesianas - Diagnóstico de doenças pulmonares. Dissertação de mestrado, UnB, 1997.

- [HUN66] HUNT, E. B.. **Experiments in induction**. Academic Press, New York, NY, 1966.
- [INT90] INTERRANTE, L. D.; BIEGEL, J. E.. Design of knowledge-based systems: matching representations with application requirements. **Computers and engineering**, v. 19, n. 1 - 4, p. 92 - 96, 1990.
- [JAN97] JANG, J. -S. R.; SUN, C. -T.; MIZUTANI, E.. Neuro-fuzzy and soft computing: a computational approach to learning and machine intelligence. Prentice-Hall, Inc., NJ. USA, 1997.
- [KAN86] KANDEL, A.. **Fuzzy mathematical techniques with applications**. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Florida, USA, 1986.
- [KEY90] KEYS, B. & WOLFE, J.. The role of management games and simulations in education and research. **Yearly Review, Journal of Management**, 1990, vol. 16, no 2, p. 307-336.
- [KFO82] KFOURY, A. J.; MOLL, R. N.; ARBIB, M. A.. **A programming approach to computability**. Springer Verlag, 1982.
- [KOH87] KOHONEN, T.. State of the art in neural computing. In.: **IEEE First International Conference on Neural Networks**. 1987, v. 1, p. 77 – 90.
- [KOP92] KOPITTKKE, B. H.. **Jogos de Empresa: novos desenvolvimentos**. Florianópolis, EPS - UFSC, 1992.
- [KOP93] KOPITTKKE, B. H. & WILHELM, P. P. H. & LOPES, M. C.. **Uma representação probabilística do conhecimento: análise da interface SPIRIT**. Anais 13 ° ENEGEP, 1993, Florianópolis.
- [KOP96] KOPITTKKE, B. H. et al.. Um Sistema inteligente de apoio à decisão estratégica: O Uso da interface SPIRIT para desenvolvimento de sistemas especialistas probabilísticos. Anais do 28° SOBRAPO, Rio de Janeiro, 1996.
- [LAU88] LAURITZEN, S. L. & SPIEGELHALTER, D. J.. Local computations with probabilities in graphical structures and their applications to expert systems. **Journal of the Royal Statistical Society**, 13 (2), p. 415 – 448, B, 50(2), p. 154 - 227, 1988.
- [LIT95] LITTO, F. M.. **O novo paradigma da educação e as novas tecnologias em comunicação**. Palestra proferida na Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 05 abr. 1995.

- [MAK96] MAK, B.; TUNG, B.; BLANNING, R.. Aggregating and updating experts' knowledge: an experimental evaluation of five classification techniques. **Expert Systems with Applications**, Elsevier, 1996, 10(2) p. 233-241.
- [MCC43] MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. H.. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. **Bulletin of Mathematical Biophysics**, 1943,v. 5, n. 1, p. 115 – 133.
- [MEY96] MEYER, C. H.; KERN-ISBERNER, G e RÖDDER, W.. Analyse medizinisch-soziologischer Daten mittels eines probabilistischen Expertensystems. FernUniversität Hagen, 1996, disponível em [SPIXX].
- [MEY91] MEYER, P. L.. **Probabilidade - aplicações à estatística**. 2ª. ed., LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 1991, p. 214-244.
- [MEY92] MEYER, C. H. e RÖDDER, W.. Propagation in Inferenznetzen unter Berücksichtigung des Prinzips der minimalen relativen Entropie. DGOR - ÖGOR Jahrestagung, Springer, Aachen, 1992.
- [MIN75] MINSKY, M.. A Framework for representing knowledge. In: WINSTON, P. (ed.). **The psychology of computer vision**. McGraw-Hill, 1975 referência em [WAT86].
- [MIN88] MINSKY, M. L.; PAPERT, S. A.. **Perceptrons: an introduction to computational geometry**. The MIT Press, 3ª impressão (modificada) do original de 1969, 1988.
- [MIR97] MIRANDA, R. L.. **Além da inteligência emocional**, Editora Campus, Rio de Janeiro, 1998.
- [MOR92] MORALES, A. B. T.. **Modelagem lingüística: alternativa na análise de processos complexos**. Florianópolis: UFSC, 1992. 91p. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1992.
- [MYE85] MYERS, I. B.; MCCAULLEY, M. H.. **Manual for the Myers-Briggs Type Indicator: a guide to the development and use of the MBTI**. Palo Alto, CA. Consulting Psychologists Press, 1985.
- [MYE87] MYERS, I. B.. **Introduction to type**. Rev. Ed. Palo Alto, CA. Consulting Psychologists Press, 1987.

- [NAS2000] NASSAR, M. S.. **Sistemas especialistas probabilísticos**. CPGCC/UFSC Florianópolis, SC, 2000. Apostila.
- [NAU97] NAUCK, D.; KLAWONN, F.; KRUSE, R.. **Foundations of neuro-fuzzy systems**. John Wiley & Sons, New York, USA, 1997.
- [NIL80] NILSSON, N. J.. **Problem solving methods in artificial intelligence**. Palo Alto, CA, Morgan Kaufmann, 1980.
- [OET2001] OETINGER, B. v., entrevista à FERRA, E.. A Arte de decidir. **EXAME**, set. 2001, ed. 748, p. 96-99.
- [OLI2002] OLIVEIRA, A. F. N. de. **Uma metodologia de uso de técnicas de indução para criação de regras de sistemas especialistas**., 2002. 100p. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- [PAL97] PAL, N. R., CHKRABORTY, S., BAGCHI, A.. RID3: an id3-like algorithm for real data. **Information Science** **96**. Elsevier, 1997, p. 271-290.
- [PAO89] PAO, Y.. **Adaptive pattern recognition and neural networks**, Addison Wesley, Reading, MA, 1989.
- [PAS2002] PASINI, H.. **Sistema especialista probabilístico para apoio ao diagnóstico de potencial econômico - SEPE**. 2002. Dissertação (mestrado em Ciências da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis.
- [PEA88] PEARL, J.. Probabilistic reasoning in intelligent systems: Networks of plausible inference. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Francisco, 1988.
- [PEA97] PEARL, J.. **Bayesian network**. MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences, 1997.
- [QUI86] QUINLAN, J. R.. Induction of decision tress. **Machine learning**, 1986, v. 1, p. 81 – 106.
- [RIC94] RICH, E.; KNIGHT, K.. **Inteligência artificial**. MAKRON Books do Brasil Editora Ltda., Rio de Janeiro, R. J., 1994.
- [ROD92] RÖDDER, W.; MEYER, C. H.. **Propagation in inferenznetzen unter berücksichtigung des prinzipls der minimalen relative entropie**, DGOR - ÖGOR, anais (pg. 446), Springer, Aachen, 1992, Alemanha.

- [ROD92a] RÖDDER, W.; XU, L.. **Die Behandlung logischer funktionen in einer probabilistischen wissensbasis**, DGOR - ÖGOR, anais (pg. 462), Springer, Aachen, 1992, Alemanha.
- [ROD93] RÖDDER, W.; MEYER C. H.. Probabilistic reasoning and inductive Bayes learning at minimal relative entropy, **Artificial Intelligence**, 1993.
- [ROD94] RÖDDER, W.. Symmetrical probabilistic reasoning in inference networks in transition, in: **Operations Research**, WERNERS, H. B.; GABRIEL, R.. S.129ff., Springer, 1994.
- [ROD95] RÖDDER, W.; KERN-INSBERGER, G.. Communication with a knowledge base by means of probabilistic logic, **OR - SPEKTRON**, 1995, Alemanha.
- [ROD95a] RÖDDER, W.; KERN-INSBERGER, G.. Léa Somé und entropie - optimale informations verarbeitung, **OR - SPEKTRON**, 1995, Alemanha.
- [ROD97] RÖDDER, W.; KOPITKE, B.; KULMANN, F., **Sistemas especialistas probabilísticos**. UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 1997.
- [ROI98] ROISENBERG, M.. Emergência de inteligência em agentes autônomos através de modelos inspirados na natureza. 1998. Tese (PhD). Florianópolis, Brasil.
- [ROS58] ROSENBLATT, F.. The perceptron: a probabilistic model of information storage and organization in the brain. **Psychological Review**, 1958, v. 65, n. 1, p. 386 – 408.
- [RUS95] RUSSEL, S. J.; NORVIG, P.. **Artificial intelligence - A Modern approach**. Prentice-Hall, 1995.
- [SCH2002] SCHREIBER, J. N. C.. **Um modelo para hipermídia adaptativa utilizando redes bayesianas**. 2002. Exame de Qualificação (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis.
- [SHA76] SHAFER, G.. **A mathematical theory of evidence**, Princeton University - Princeton Press, 1976.
- [SHO80] SHORE, J. E.; JOHNSON, R. W.. Axiomatic derivation of the principle of maximum entropy and the principle of minimum cross entropy. **IEEE Trans. Information Theory**, 26 (1), p. 26-37, 1980.

- [SIM73] SIMPSON, R. J.. Use of high frequency signals in identification of certain nonlinear systems. In: **J. Syst. Sci.**. 1973, v. 4, n^o 1, p. 121– 127.
- [SJO95] SJÖBERG , J.. **Non-linear system identification with neural networks**. Tese (PhD), Department of Electrical Engineering, Linköping University, Linköping, Sweden, 1995.
- [SOM92] SOMBÉ, L.. **Schließen bei unsicherem wissen in der künstlichen intelligenz**. Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden, 1992, Alemanha.
- [SPIxx] SPIRIT, Web SITE, Available from World Wide Web <<http://www.xspirit.de>>, FernUniversität, Hagen, Alemanha.
- [TAN95] TANOMARU, J.. Motivação, fundamentos e aplicações de algoritmos genéticos. In: **Proceedings do II Congresso Brasileiro de Redes Neurais**. Curitiba, Brasil, 1995, v. 1, p. 331 – 411.
- [THA73] THATHACHAR, M. A. L.; RAMASWAMY, S.. Identification of a class on nonlinear systems. In: **Int. J. Control**. 1973, v. 18, n^o 1, p. 741– 752.
- [WAT86] WATERMANN, D. A.. **A Guide to expert systems**. Addison-Wesley Publishing Company, 1986.
- [WHI90] WHITTAKER, J.. **Graphical models in applied multivariate statistics**, Univ. Lancaster, UK, 1990.
- [WIL97] WILHELM, P. P. H.. **Uma nova perspectiva de aproveitamento e uso de jogos de empresas**. 1997. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis.
- [ZAD65] ZADEH, L. A.. Fuzzy sets. In.: **Information and Control**. 1965, v. 8, n.^o 1, p. 338 – 353.
- [ZAD83] ZADEH, L. A.. The role of fuzzy logic in the management of uncertainty in expert systems. **Fuzzy Sets and Systems**, North-Holland, v. 11, p. 199 - 228, 1993.
- [ZIM91] ZIMMERMANN, H. J.. **Fuzzy set theory – and its applications**. Kluwer Academic Publishes, Norwell, Massachusetts, 1991.

5.2 Referências sugeridas para Leitura Complementar

- [ADA75] ADAMS, E. W.. The Logic of conditionals: an application of probability to deductive logic. Reidel, Boston, 1975.
- [AND96] ANDERS, U.. Was neuronale netze wirklich leisten. **Die Bank**, 3 / 96, p. 162-164.
- [ALM95] ALMEIDA, F. C.. Desvendando o uso de redes neurais em problemas de administração de empresas. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, Vol. 35, n° 01, p.46-55, Janeiro / Fevereiro de 1995.
- [BAM96] BAMBERG, G.; COENENBERT, A. G.. **Betriebswirtschaftliche entscheidungslehre**, Vahlen Verlag, Munique, 1996.
- [BAR82] BARR, A.; FEIGENBAUM, E. A.. **The Handbook of artificial intelligence**. Addison-Wesley, 1982. v.2.
- [BAR93] BARR, A.. **Release de sistemas de informações 2.0 - A Elevação - Idéia básica para indústria de sistemas de informações**. Anais da 2ª exposição e seminário internacional sobre inteligência artificial e sistemas especialistas - RELACON, São Paulo, junho / 1993.
- [BAR94] BARR, D.; MANI, G.. Using neural nets to manage investments. **Journal AI Expert**. Vol. 9, n° 02, p.16-21, Dezembro de 1994.
- [BAT86] BATES, R.. **Perceptive management**. Minneapolis, USA, 1986.
- [BEI98] BEIERLE, C.; KERN-ISBERNER, G.. **Wissensbasierte systeme**. FernUniversität Hagen, 01696, 1998.
- [BRO59] BROWN, D. T.. A Note to approximations to discrete probability distributions. **Information and Control** 2, 1959, p. 286 - 392.
- [CAL91] CALABRESE, P. G.. Deduction and inference using conditional logic and probability. in: **Conditional logic in expert systems**, Goodman I. R.; Gupta M. M.; Nguyen H. T. e Rogers, G. S. (editores). Elsevier Science Publishers B. V., p. 71-100, 1991.
- [COU97] COUDRAY, V.. **Um modelo para o aprendizado do trabalho em equipe, utilizando um jogo de empresas como suporte de treinamento**. Florianópolis, 1997. Dissertação de Mestrado em

Engenharia de Produção EPS – UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina.

- [CSI91] CSISZÁR, I.. Why least squares and maximum entropy? An Axiomatic approach to inference for linear inverse problems. in **The Annals of statistics**, 19 (4), p. 2032 – 2066, 1991.
- [DAV77] DAVIS, R.; BUCHANAN, B. G.; SHORTLIFFE, E.. Production rules as a representation for a knowledge-based consultation program. In: **Artificial Intelligence**. 1977, v. 8, nº 1, p. 15– 45.
- [DIE95] DIEDERICH, J.; TICKLE, A. B.. Explanation and collective computation. In: **Complexity International**, 1995, v. 2, nº 1.
- [DIA89] DIAPER, D.. **Knowledge elicitation - principles, techniques and applications**. Chichester: John Wiley & Sons, 1989. p. 96-97.
- [DUB80] DUBOIS, D.; PRADE, H.. **Fuzzy sets and systems: theory and applications**. Academic Press, New York, USA, 1980.
- [DUN91] DUNIHO, T.. **Wholeness lies within**. Gladwyne, PA: Type and Temperament, Inc., 1991.
- [DUT85] DUTTA, A.. Reasoning with imprecise knowledge in expert systems. **Information Sciences**, v. 37, n.1, p.3-24, 1985.
- [FAD61] FADDJEW, D. K.. Zum Begriff der entropie eines endlichen wahrscheinlichkeitsschemas. **Arbeiten zur Informationstheorie**, Band I, 2. Auflage, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlim, p. 86-90, 1961.
- [FAH96] FAHRMEIR, L.; HAMERLE, A.; TUTZ, G.. **Multivariate statistische verfahren**. Gruyter & Co, Berlin, New York, 1996.
- [FIN72] FINETTI, B.. **Induction and statistics**. Wiley, New York, 1972.
- [FIS87] FISCHLER, M. A.; FIRSCHEIN, O.. **Intelligence: the eye, the brain and the computer**. Addison-Wesley, 1987 referência em [MOR92].
- [FIS90] FISCHER, G. et al. Minimalist explanations in knowledge-based systems. **23-th Annual Hawaii International Conference on System Sciences**, Kailua-Kona, HI, p. 309 - 317, 1990.
- [FIS93] FISCHER, G.. Shared knowledge in cooperative problem-solving systems - integrating adaptive and adaptable components. In: **Adaptive user interfaces: Principles and practice**. SCHNEIDER-HUFSCHTNIDT, M.;

- KÜHME, T. e MALINOWSKI, U. (eds.). Amsterdam: North-Holland, p. 49 - 68, 1993.
- [GAK98] GABRIEL, R.; KNITTEL, F.. **Informationsmanagement**. Material de Ensino da FernUniversität de Hagen, Alemanha, 00823, 1998.
- [GEN89] GENESERETH, M. R.; NILLSON, N. J.. **Logische grundlagen der künstlichen intelligenz**. Vieweg, Braunschweig / Wiesbaden. 1989.
- [GIL89] GILBERT, N.. Explanation an dialogue. In: **The Knowledge Engeneering Review**. 1989, v. 4, nº 3, p. 235– 247.
- [GRE85] GREEN, W. R.. **Computer-aided data analysis**. 1. ed., Wiley-Interscience, 1985, p. 27-46.
- [HAK95] HARMON, P.; KING, D.. Expertensysteme in der praxis, perspektiven, werkzeuge, erfahrungen. Oldenbourg, Munique, 1995.
- [HEG98] HEGER, G.. Anfragenbewertung. in: KLEINALTENKAMP, M. & PLINKE, W.. **Auftrags- und projektmanagement**. Springer, Berlin / Heidelberg, p. 69-116, 1998.
- [HER96] HERMENEGILDO, J. L. S.. **A utilização da padronização como ferramenta da qualidade total para o desenvolvimento da aplicação de empresas**. Florianópolis, 1996. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina.
- [HOF87] HOFFMAN, R. R.. The Problem of extracting the knowledge of experts from the perspective of experimental psychology. **AI Magazine**, p. 53-67, 1987.
- [HUN86] HUNTER D.. Uncertainty Reasoning using maximum entropy inference in uncertainty. **Artificial Intelligence**, 1986.
- [JAG67] JAGLOM, A. M.; JAGLOM, I. M.. **Wahrscheinlichkeit und information**. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlim, 1967.
- [JEN96] JENSEN, F.- V.. **An Introduction to bayesian networks**, UCL Press Limited, Londres, 1996.
- [KER96] KERN-ISBERNER, G.; REIDMACHER, H. P.. Interpreting a contingency table of rules. **International Journal of Intelligent Systems**, vol. 11, 327-346 (1996), © 1996 John Wiley & Sons, Inc.

- [KER98] KERN-ISBERNER, G.. Characterizing the principle of minimum cross-entropy within a conditional-logical framework. **Artificial Intelligence**, vol. 98, p. 169–208, 1998.
- [KIR95] KIRBY, A.. **150 jogos de treinamento**. São Paulo: T&D Editora, 1995.
- [KOF76] KOFLER, E.; MENGES, G.. **Entscheidung bei unvollständiger Information**. Springer Verlag, Berlim, 1976.
- [KOP95] KOPITTKKE, B. H.; WILHELM, P. P. H.. **Uma nova tecnologia de ensino a distância**. Florianópolis, 1995. Anais do Seminário Internacional sobre Ensino a Distância.
- [KOP96a] KOPITTKKE, B. H.; WILHELM, P. P.; DETTMER, A. L.. **Um sistema inteligente de apoio à decisão baseado em inferência probabilística**. Piracicaba, 1996. Anais do 16º ENEGEP.
- [KOP97] KOPITTKKE, B. H.; DETTMER, A. L.. **Manual de formação de jovens empreendedores**. Florianópolis, EPS / UFSC, 1997.
- [KOP98] KOPITTKKE, B. H.. **Manual: jogo de empresas GI-EPS**. Florianópolis, EPS / UFSC, 1998.
- [KUL2000] KULMANN, F.; REUCHER, E.. Computergestützte bonitätsprüfung bei konsumentenkrediten, **Die Betriebswirtschaftslehre**, DBW, Schaeffel-Poeschel-Verlag, p. 113-122, 2000.
- [KUL2001] KULMANN, F.. Wissen und information in konditionalen modellen – zur entscheidungsvorbereitung im anfrage- und auftragsmanagement. Dissertação na FernUniversität em Hagen, Alemanha, (2001) (publicado).
- [LAA94] LAASER, W.. **Desenho de software para o ensino a distância**. Alemanha. Tradução: FernUniversität Hagen, 1994.
- [LAU98] LAUX, H.. **Entscheidungstheorie**, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1998.
- [LEV88] LEVINE, R. I.; DRANG, D. E.; EDELSON, B.. **Inteligência artificial e sistemas especialistas**. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.
- [LEW59] LEWIS II, P. M.. Approximating probability distributions to reduce storage requirements. **Information and Control** 2, p. 214-225, 1959.
- [LEW76] LEWIS, D.. **Probabilities of conditionals and conditional probabilities**. The Philos. Rev. 85 (3), p. 297-315, 1976.

- [LOE95] LOESCH, C.; SARI, S.. **Redes neurais artificiais: fundamentos e modelos**. Blumenau: IPS / FURB, 1995.
- [LOP93] LOPES, M. C.. **Líder: Manual de operação do sistema**. Florianópolis: EPS / UFSC, 1993.
- [MAR88] MARTINELLI, D. P.. **Os Jogos de Empresas na formação de administradores: uma visão crítica**. In: XII ANPAD. Anais... São Paulo, 1988. p. 939.
- [MEI70] MEIER, R. C.; NEWELL, W. T.; PAZER, H. L.. **Simulation in business and economics**. New Jersey: Prentice Hall, 1970. p.203.
- [MEY96a] MEYER, K. H.; RÖDDER, W.. Probabilistic knowledge representation and reasoning at maximal entropy by SPIRIT. In **Lecture Notes in Artificial Intelligence 1137; Advances in Artificial Intelligence** (G. Görz & S. Hölldobler, Eds.), Dresden, 1996.
- [MEY98] MEYER, C.-H.. **Korrekt schließen bei unvollständiger information**. Europäische Hochschulschriften, Peter Lang, Frankfurt a. M., 1998.
- [MIR85] MIRANDA, L. C.. **Modelos de simulação empresarial**. São Paulo, 1985. Dissertação (Mestrado em Contabilidade) - Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo.
- [MOO89] MOORE, J. D.; SWARTOUT, W. R.. A reactive approach to explanation. In: **Proceedings of The International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI' 89)** Los Altos, CA, 1989, v. 2, p. 1504 – 1510.
- [MUR98] MURRAY, W. R.. A practical approach to student bayesian modeling. GOETTL, B. P.; HALFF, H. M; REDFIELD, C. L. e SHUTE, V. J.. (editores), **Intelligent Tutoring Systems - Lecture Notes in Computer Science**, Vol. 1452, p. 424 - 433. Berlin: Springer-Verlag.
- [NEA90] NEAPOLITAN, R. E.. Probabilistic reasoning in expert systems - Theory and algorithms. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1990.
- [NIL86] NILSSON, N. J.. Probabilistic logic. **Artificial Intelligence 28**. 1986, p.71-87.
- [NOE83] NOETHER, G. E.. **Introdução à estatística - uma abordagem não-paramétrica**, 5. ed.. Editora Guanabara Dois S.A., 1983, p. 37-50.
- [OME61] O'MEARA, J. T. Selecting profitable products. **Harvard Business Review**, Jan / Fev., p. 83-89. 1961.

- [PAR90] PARIS, J. B.; VENCOVSKÁ, A.. A note on the inevitability of maximum entropy, In: **Journal of Approximate Reasoning**, 14, p. 183-223, 1990.
- [POZ97] POZO, A. R.; NASSAR, S. M.; LOPES, H. S.. **Elicitação de conhecimento**, UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, CTC-INE e CEFET - Depto. de Computação - PR, Julho / 1997.
- [RES69] RESCHER, N.. **Many-Valued logics**. Mc Craw-Hill, New York, 1969.
- [ROD92a] RÖDDER, W.; XU, L., **Die Behandlung logischer funktionen in einer probabilistischen wissensbasis**, DGOR - ÖGOR, anais (pg. 462), Springer, Aachen, 1992, Alemanha.
- [ROD96] RÖDDER, W. et ali.. **Sistemas especialistas probabilísticos: Uma análise da shell SPIRIT-95**. In: XVI ENEGEP. Anais..., Piracicaba, ABEPRO: 1996, p. 338.
- [ROD96a] RÖDDER, W.; MEYER, C. H.. Coherent knowledge processing at maximum entropy by SPIRIT, **Proceedings Twelfth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI) 1996**, Portland, Oregon, E. Horvitz and F. Jensen (editors), Morgan Kaufmann, San Francisco Cal., USA, p. 470-476, 1996.
- [ROD96b] RÖDDER, W.; KERN-INSBERGER, G.. Léa Sombé und entropieoptimale informationsverarbeitung mit der expertensystem-shell SPIRIT, **OR - SPEKTRON**, 1996.
- [ROD96c] RÖDDER, W.; KERN-INSBERGER, G.. Representation and extraction of information by probabilistic logic. **Information Systems** 21 (8), p. 637-652, 1996.
- [ROD98] RODRIGUES, R. S.. **Modelo de avaliação para cursos no ensino a distância: estrutura, aplicação e avaliação**. Florianópolis, 1998. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina.
- [ROD99a] RÖDDER, W.; XU, L.. Entropy-driven inference and inconsistency. **Proc. Artificial Intelligence and Statistics 99**, Fort Lauderdale, Florida, USA, p. 272-277, 1999.
- [ROD99b] RÖDDER, W.; REUCHER, E.. Bewertung von partiellen wahrscheinlichkeitinformationen bei entropieoptimaler wissensverarbeitung. **Proc. Symposium Operations Research 1999**,

- SOR99**, in Magdeburg, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, p. 267-273, 2000.
- [ROD2000] RÖDDER, W.. Conditional logic and the principle of entropy. **Artificial Intelligence** 117, p. 83–106, 2000.
- [SAN99] SANDRI, S.; CORREA, C.. Lógica nebulosa. In: **V Congresso Brasileiro de Redes Neurais (CBRN' 99)** São José dos Campos, Brasil, 1999, p. c073 – c090.
- [SCH94] SCHLAGS-HITZEBERGER, B.. **Entscheidungsunterstützung in der kreditwürdigkeitsprüfung mit hilfe des systems SPIRIT**, Diplomarbeit (Dissertação), FernUniversität, Hagen, Alemanha, 1994.
- [SCH95] SCHNECK, O.. **Management-techniken**. Campus, Frankfurt a. M., New York, 1995.
- [SCH98] SCHANFRNASKI, L. E.. **O protótipo GPCP-1: jogo de planejamento e controle de produção**. Florianópolis, 1998. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina.
- [SEN90] SENGE, P.. **A quinta disciplina**. São Paulo, Best Seller, 1990.
- [SHA48] SHANNON, C. E.. A mathematical theory of communication. **Bell System Tech. Journal**, 27, p. 379-423 (parte I), p. 623-656 (parte II), 1948.
- [SHO86] SHORE, J. E.; JOHNSON, R.. Axiomatic derivation of the principle of maximum entropy and the principle of minimum cross-entropy, **IEEE Transaction on Information Theory**, vol. II-26. No. 1, p. 26-37, Janeiro 1980.
- [SHO86a] SHORE, J. E.. Relative entropy, probabilistic inference, and AI, in uncertainty, **Artificial Intelligence**, North-Holland, Amsterdã, 211-215, 1986.
- [SIL87] SILVERMAN, B. G.. **Expert systems for business**. Addison-Wesley Publishing Company, 1987.
- [SLA89] SLACK, T. B.. Advantages and a limitation of using LEG nets in a real time problem, **Uncertainty in AI 3**, 1989, Elsevier S. P.
- [STE97] STEIN, J.. Anfragebewertung im industriellen anlagengeschäft unter einbeziehung des expertensystems SPIRIT. Trabalho de fim de curso na FernUniversität Hagen, Alemanha, 1997.

- [TAN77] TANABE, M.. **Jogos de empresas**. São Paulo: 1977. Dissertação (Mestrado em Administração) - Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo. p.1.
- [TAT90] TATMAN, J. A.; SHACHTER, R. D.. Dynamic programming and influence diagrams. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**, 20(2), p. 365-379, 1990.
- [TES97] TESSARI, G.. **Guia para utilização das ferramentas Hugin e SPIRIT**. UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Informática e Estatística - Projeto: Raciocínio Probabilístico em Sistemas Especialistas, Julho / 1997.
- [VON97] VON MECHELN, P. J.. **SAP1-GI : sistema de apoio ao planejamento no processo de tomada de decisão da aplicação de empresa GI-EPS**. Florianópolis, 1997. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina.
- [WEB93] WEBER, R. O.. **Sistema especialista difuso para análise de crédito**. Florianópolis: UFSC, 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.
- [WIL93] WILHELM, P. P. H.; KOPITKE, B. H.. **Microinformática no treinamento gerencial à distância**. XIII ENEGEP. . Anais... Florianópolis, ABEPRO: 1993.
- [WIL94] WILHELM, P. P. H.; KOPITKE, B. H.; LOPES, M. C. **Uma metodologia para desenvolvimento e validação de um SAD num ambiente de jogos de empresas**. XIV ENEGEP. Anais... João Pessoa: Editora Universitária, 1994.
- [WIL96] WILHELM, P. P. H.; LOPES, M. C.. Sistema inteligente de apoio à decisão, **Revista de Negócios FURB**, Nº 1, outubro 1996, p. 75-83.
- [WIL96a] WILHELM, P. P. H., et al. **Um sistema inteligente de apoio à decisão baseado em inferência probabilística**. XVI ENEGEP. Anais..., Piracicaba, ABEPRO: 1996, p. 287.
- [WOH96] WÖHE, G.. Einführung in die allgemeine betriebswirtschaftslehre. Franz Vahlen ,Munique, 1996.
- [ZAD88] ZADEH, L. A.. Fuzzy logic. In.: **IEEE Computer**. 1988, v. 21, nº 4.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Relação de regras geradas no protótipo na 1ª Fase

Neste apêndice relacionam-se as regras e os fatos (fatos estão em negrito), inseridos no SPIRIT, para a versão inicial do protótipo, sem o novo conjunto ampliado de regras que se adicionaram quando da passagem para a versão 3.0.9.8.8 do SPIRIT. As probabilidades foram calculadas pelo próprio SPIRIT, sendo que a **versão** do SPIRIT **utilizada** foi a **3.0.68**.

```

AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.7866666664841986;
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.7448888886679758;
IAMB_GREVE_PROXPER => prob. = 0.8399999999999959;
AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.8790960452765599;
AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => IAMB_GREVE_PROXPER => prob. = 0.9322033899307582;
ESTR_PRAZOPGTOCOMPRAS = a_vista => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8850395324874998;
ESTR_PRAZOPGTOCOMPRAS = a_vista => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.8706694739244599;
ESTR_COMPRASINSUMOS = aumentar_10pc_mais => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8689491666774382;
ESTR_COMPRASINSUMOS = aumentar_10pc_mais => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.8053075918800728;
ESTR_PESSOAL = manter => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.8255559889337312;
ESTR_PESSOAL = manter => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8449386567916185;
ESTR_IMOBILIZADO = diminuir => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.815144037256696;
ESTR_IMOBILIZADO = diminuir => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8356835887267628;
ESTR_FINANCIAMENTO => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.700168502689091;
ESTR_FINANCIAMENTO => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.662689565266027;
ESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_DESCONTO = zeropc => prob. = 0.6168351688335697;
ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.830933467156294;
ESTR_EMPRESTIMOSCP => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.7871819624946389;
ESTR_APLICACAO => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.7213666517576791;
ESTR_APLICACAO => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.6865374834833844;
ESTR_DESCONTO = zeropc => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8996875240787418;
ESTR_DESCONTO = zeropc => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.8871484644790769;
ESTR_PRECONORMAL = manter => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8978679635972551;
ESTR_PRECONORMAL = manter => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.8559013921119989;
ESTR_PRAZOPAGTO = ate30 => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8728041124599846;
ESTR_PRAZOPAGTO = ate30 => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.8183709995247211;
ESTR_TURNO = normal => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8189894948598703;
ESTR_TURNO = normal => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.7963631819097302;
AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = medio => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8531653767505872;
AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = medio => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.7976801886436525;
AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8870223113706257;
AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.8461086983024204;
AMB_CAIXA_PERANT = medio => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.6567525960557686;
AMB_CAIXA_PERANT = medio => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.5168208923791847;
AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = medio => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8482088276376173;
AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = medio => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.7906192690513252;
AMB_PROPAGANDA = medio => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8159760012642868;
AMB_PROPAGANDA = medio => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.7447087346783405;
AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = intermediario => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.815976001165494;
AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = intermediario => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.7447087345826403;
OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = baixo => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8605034323325832;
OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = baixo => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.8430663614366286;
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.9284009547971732;
ESTR_PRECOEXTERNO = manter => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8636767871796027;
ESTR_PRECOEXTERNO = manter => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.8047671655571828;
OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = medio => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8428352828701928;
OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = medio => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.7829658550994042;
OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = altissimo => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8648450678130781;
OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = altissimo => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.8479507012741473;
OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = medio => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8236436456924099;
OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = medio => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.7556325095057941;
AMB_IMOBILIZADO_PANT = baixo => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8558003968539559;
AMB_IMOBILIZADO_PANT = baixo => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.8377754464703793;
AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.889290960185502;
AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.8493918165029797;
AMB_ESTOQUE_IS_PANT = baixo => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => prob. = 0.8558003968836293;
AMB_ESTOQUE_IS_PANT = baixo => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => prob. = 0.8377754465568698;

```

APÊNDICE 2 - Relação de regras geradas no protótipo na 2ª Fase

Apresenta-se aqui o conjunto das regras que se utiliza com a versão 3.0.9.8.8 do SPIRIT para a criação do SEPADO, fatos em negrito.

```

IAMB_GREVE_PROXPER                                prob = 0.604978019481156
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio                  prob = 0.5919413390377408
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = altissimo               prob = 0.058878460187609595
IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra prob = 0.9958447685197045
IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_COMPRASINSUMOS = aumentar_10pc_mais prob = 0.7837657224043878
IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PRAZOPGTOCOMPRAS = a_vista prob = 0.9967694244221136
IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PESSOAL = manter prob = 0.8348370515702614
IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_DESCONTO = zeropc prob = 0.9993464549397673
IAMB_GREVE_PROXPER => IESTR_FINANCIAMENTO prob = 0.9977744684745671
IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_IMOBILIZADO = diminuir prob = 0.7412196428634268
IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PRECONORMAL = manter prob = 0.9990360526894176
IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PRAZOPAGTO = ate30 prob = 0.7708164788098367
IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_TURNO = normal prob = 0.7207419613907821
IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = medio prob = 0.7454326561395566
IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio prob = 1.0
IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_CAIXA_PERANT = baixo prob = 0.9822615651552988
IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = medio prob = 0.7350497642018885
IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = intermediario prob = 0.673712336042616
IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_PROPAGANDA = medio prob = 0.6647754588678543
IAMB_GREVE_PROXPER => IESTR_APLICACAO prob = 0.9750712109882113
IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_EMPRESTIMOSCP prob = 0.9974320675878035
IAMB_GREVE_PROXPER => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = baixo prob = 0.8188587714602387
IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PRECOEXTERNO = manter prob = 0.7666530294541486
IAMB_GREVE_PROXPER => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = medio prob = 0.7242518890561664
IAMB_GREVE_PROXPER => OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = altissimo prob = 0.7388644558485714
IAMB_GREVE_PROXPER => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = medio prob = 0.6600077461101471
IAMB_GREVE_PROXPER => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = inaceitavel prob = 0.6829095982498219
IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_IMOBILIZADO_PANT = baixo prob = 0.7853756439246875
IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo prob = 0.9979438957299718
IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_ESTOQUE_IS_PANT = baixo prob = 0.9187538288542045
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra prob = 0.9674788373242953
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_COMPRASINSUMOS = aumentar_10pc_mais prob = 0.7383332551671111
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_PESSOAL = manter prob = 0.8346975465338015
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_PRAZOPGTOCOMPRAS = a_vista prob = 0.9966822836870198
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_IMOBILIZADO = diminuir prob = 0.7421355219533193
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_PRECONORMAL = manter prob = 0.9651727463440047
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => IESTR_FINANCIAMENTO prob = 0.9674249640375965
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => IESTR_APLICACAO prob = 0.9442761935416225
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_EMPRESTIMOSCP prob = 0.9663502127134584
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_DESCONTO = zeropc prob = 0.9994258193222806
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_PRAZOPAGTO = ate30 prob = 0.7355969301385289
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_TURNO = normal prob = 0.7199981439492253
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = medio prob = 0.7109775412297652
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio prob = 0.9677685621533734
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_CAIXA_PERANT = baixo prob = 0.9824344666791055
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = medio prob = 0.6980720640201824
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_PROPAGANDA = medio prob = 0.6195120406490049
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = intermediario prob = 0.6290000007986019
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = baixo prob = 0.8187354407489148
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => IAMB_GREVE_PROXPER prob = 0.976671769931498
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_PRECOEXTERNO = manter prob = 0.7256663121913646
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = medio prob = 0.6865683698103491
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = altissimo prob = 0.7379038221213463
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = medio prob = 0.6199263694706317
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = inaceitavel prob = 0.6819866762054576
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_IMOBILIZADO_PANT = baixo prob = 0.7856893112653912
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo prob = 0.965641655346474
OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_ESTOQUE_IS_PANT = baixo prob = 0.9191011414185744
IESTR_APLICACAO => AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra prob = 0.8643032708571495
AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => IESTR_APLICACAO prob = 0.8190535010330581
ESTR_DESCONTO = zeropc => ESTR_PRAZOPGTOCOMPRAS = a_vista prob = 0.7821442538484302
ESTR_DESCONTO = zeropc => AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra prob = 0.7984186118937444
AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => ESTR_COMPRASINSUMOS = aumentar_10pc_mais prob = 0.643684204172002
IESTR_APLICACAO => ESTR_COMPRASINSUMOS = aumentar_10pc_mais prob = 0.6482983484984025
ESTR_EMPRESTIMOSCP => IESTR_FINANCIAMENTO prob = 0.7890201724502973
IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_EMPRESTIMOSCP prob = 0.7872319746254025
AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = medio => ESTR_EMPRESTIMOSCP prob = 0.5453912103566598
ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio prob = 0.8370807987821197
IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PRECONORMAL = manter prob = 0.7927635080645212
ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_PRAZOPAGTO = ate30 prob = 0.6611700882214798
IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PRAZOPAGTO = ate30 prob = 0.6258967881329416
ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_TURNO = normal prob = 0.6040006497853371
IESTR_APLICACAO => ESTR_TURNO = normal prob = 0.609162343932591
IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = medio prob = 0.6377299378479971
ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = medio prob = 0.6381821845686932
IESTR_APLICACAO => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = medio prob = 0.6424360205737387
AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = medio prob = 0.6032223904759607
ESTR_DESCONTO = zeropc => AMB_CAIXA_PERANT = baixo prob = 0.8331068360728969
ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = medio prob = 0.6233969099460068
AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = medio prob = 0.586665944233987

```

IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_PROPAGANDA = medio prob = 0.531410873305769
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_PROPAGANDA = medio prob = 0.5750240995205286
 ESTR_PRECONORMAL = manter => AMB_PROPAGANDA = medio prob = 0.530024098638842
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => AMB_PROPAGANDA = medio prob = 0.575562679463903
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_PROPAGANDA = medio prob = 0.5302781843610442
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = intermediario prob = 0.5854853112667556
 IESTR_APLICACAO => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = intermediario prob = 0.590004669276446
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = baixo prob = 0.6621695839418151
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_PRECOEXTERNO = manter prob = 0.6446170143286746
 IESTR_APLICACAO => ESTR_PRECOEXTERNO = manter prob = 0.6080343765978493
 ESTR_DESCONTO = zeropc => ESTR_PRECOEXTERNO = manter prob = 0.6066340280082821
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => ESTR_PRECOEXTERNO = manter prob = 0.6048352909219219
 IESTR_FINANCIAMENTO => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = medio prob = 0.5713403031003791
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = medio prob = 0.6094835463645781
 IESTR_APLICACAO => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = medio prob = 0.576177081458556
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = medio prob = 0.5716750941306987
 ESTR_DESCONTO = zeropc => OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = altissimo prob = 0.6046613771145745
 IESTR_FINANCIAMENTO => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = medio prob = 0.5364903124541396
 IESTR_APLICACAO => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = medio prob = 0.5410420378081108
 ESTR_PRAZOPGTOCOMPRAS = a_vista => AMB_IMOBILIZADO_PANT = baixo prob = 0.6292190018581083
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_IMOBILIZADO_PANT = baixo prob = 0.6285438328073787
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_ESTOQUE_IS_PANT = baixo prob = 0.7348053784697933
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => ESTR_PRAZOPGTOCOMPRAS = a_vista prob = 0.7452956136391682
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_COMPRASINSUMOS = aumentar_10pc_mais prob = 0.5991316855083372
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => ESTR_COMPRASINSUMOS = aumentar_10pc_mais prob = 0.5996242656301959
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PESSOAL = manter prob = 0.6265064519663706
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_IMOBILIZADO = diminuir prob = 0.5736308887091469
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => IESTR_FINANCIAMENTO prob = 0.7575708475520323
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => ESTR_DESCONTO = zeropc prob = 0.7502077835300011
 IESTR_APLICACAO => ESTR_DESCONTO = zeropc prob = 0.7808459468399278
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => ESTR_PRECONORMAL = manter prob = 0.7583327061061965
 ESTR_PRECONORMAL = manter => ESTR_PRAZOPAGTO = ate30 prob = 0.5887565801653357
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => ESTR_PRAZOPAGTO = ate30 prob = 0.5872617688443256
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_TURNO = normal prob = 0.528929580807135
 ESTR_DESCONTO = zeropc => ESTR_TURNO = normal prob = 0.5671137159088431
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = medio prob = 0.5667264611669741
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = medio prob = 0.5666367055553961
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio prob = 0.7732790826932755
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_CAIXA_PERANT = baixo prob = 0.7252540781342635
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = medio prob = 0.5513446885227669
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = medio prob = 0.5500363176933724
 IESTR_APLICACAO => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = medio prob = 0.5555449893302854
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = medio prob = 0.5487915370349348
 ESTR_DESCONTO = zeropc => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = intermediario prob = 0.4940395159700254
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = intermediario prob = 0.49534450544520164
 IESTR_FINANCIAMENTO => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = baixo prob = 0.6250814972156179
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PRECOEXTERNO = manter prob = 0.5644991634727632
 ESTR_PRECONORMAL = manter => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = medio prob = 0.5340113200813634
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = medio prob = 0.5332980574059575
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = altissimo prob = 0.5712627824638923
 AMB_CAIXA_PERANT = baixo => OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = altissimo prob = 0.5719571367757035
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = medio prob = 0.4957434460112321
 ESTR_PRECONORMAL = manter => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = medio prob = 0.49391520483695744
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = medio prob = 0.49378701617195275
 ESTR_DESCONTO = zeropc => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = inaceitavel prob = 0.5120288853648628
 ESTR_PRECONORMAL = manter => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = inaceitavel prob = 0.5108816005323248
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = inaceitavel prob = 0.5125331574927025
 AMB_CAIXA_PERANT = baixo => AMB_IMOBILIZADO_PANT = baixo prob = 0.5894946369292638
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo prob = 0.7813488312442893
 ESTR_PRAZOPGTOCOMPRAS = a_vista => AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra prob = 0.6994254130932999
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra prob = 0.7327068194265708
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PRAZOPGTOCOMPRAS = a_vista prob = 0.711185829277454
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_PRAZOPGTOCOMPRAS = a_vista prob = 0.7114286717178311
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_COMPRASINSUMOS = aumentar_10pc_mais prob = 0.5515970365230528
 ESTR_PRAZOPGTOCOMPRAS = a_vista => ESTR_PESSOAL = manter prob = 0.5934150826074815
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_IMOBILIZADO = diminuir prob = 0.506227896078722
 ESTR_DESCONTO = zeropc => ESTR_IMOBILIZADO = diminuir prob = 0.5064315006039549
 AMB_CAIXA_PERANT = baixo => ESTR_IMOBILIZADO = diminuir prob = 0.5084403269518405
 ESTR_PRECONORMAL = manter => IESTR_FINANCIAMENTO prob = 0.6971291796473175
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => IESTR_FINANCIAMENTO prob = 0.7272913057695827
 ESTR_DESCONTO = zeropc => ESTR_EMPRESTIMOSCP prob = 0.6968631557270145
 IESTR_FINANCIAMENTO => IESTR_APLICACAO prob = 0.6924416781018938
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => IESTR_APLICACAO prob = 0.694059710246906
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => IESTR_APLICACAO prob = 0.693021620627245
 ESTR_PRAZOPGTOCOMPRAS = a_vista => ESTR_DESCONTO = zeropc prob = 0.6896847375283589
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_DESCONTO = zeropc prob = 0.7194692019568456
 AMB_CAIXA_PERANT = baixo => ESTR_DESCONTO = zeropc prob = 0.7209101946547277
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_PRECONORMAL = manter prob = 0.7238665454624765
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => ESTR_PRECONORMAL = manter prob = 0.7584348677643138
 AMB_CAIXA_PERANT = baixo => ESTR_TURNO = normal prob = 0.4943935513577881
 ESTR_PRECONORMAL = manter => AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio prob = 0.7090180055740917
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => AMB_CAIXA_PERANT = baixo prob = 0.6903998590883345
 ESTR_PRAZOPGTOCOMPRAS = a_vista => AMB_CAIXA_PERANT = baixo prob = 0.6883783593850215
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = baixo prob = 0.584787577659374
 IESTR_FINANCIAMENTO => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio prob = 0.7266095036434618
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio prob = 0.7274509441569266
 ESTR_DESCONTO = zeropc => OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio prob = 0.7287104968850019
 ESTR_PRAZOPGTOCOMPRAS = a_vista => OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = altissimo prob = 0.505095694039079
 IESTR_FINANCIAMENTO => OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = altissimo prob = 0.5370936442595567
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = altissimo prob = 0.503274230986218
 ESTR_DESCONTO = zeropc => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = medio prob = 0.45400625136508843
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = medio prob = 0.45312282979889257
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = inaceitavel prob = 0.46906787417428164
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_IMOBILIZADO_PANT = baixo prob = 0.5493851396589342
 ESTR_IMOBILIZADO = diminuir => AMB_IMOBILIZADO_PANT = baixo prob = 0.5817127732301852
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_IMOBILIZADO_PANT = baixo prob = 0.5098467975050444
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo prob = 0.6883185159087309
 IESTR_APLICACAO => AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo prob = 0.6880087670266873
 ESTR_DESCONTO = zeropc => AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo prob = 0.7182491466237656
 ESTR_PRECONORMAL = manter => AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo prob = 0.6878751398512848
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_ESTOQUE_IS_PANT = baixo prob = 0.6437686972701473

ESTR_DESCONTO = zeropc => AMB_ESTOQUE_IS_PANT = baixo prob = 0.6427103501630272
 AMB_CAIXA_PERANT = baixo => AMB_ESTOQUE_IS_PANT = baixo prob = 0.6432834127498817
 IESTR_FINANCIAMENTO => IAMB_GREVE_PROXPER prob = 0.733255358583933
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => IAMB_GREVE_PROXPER prob = 0.7346687496374553
 ESTR_DESCONTO = zeropc => IAMB_GREVE_PROXPER prob = 0.7129508835142183
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => IAMB_GREVE_PROXPER prob = 0.7110616754220801
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente prob = 0.5789745170947075
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente prob = 0.4891314091130758
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente prob = 0.668002150252666
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente prob = 0.6666098961827592
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente prob = 0.5325033954752677
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PRAZOPGTOTOCOMPRAS = dias_180 prob = 0.36289866854024305
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_PRAZOPGTOTOCOMPRAS = dias_180 prob = 0.3108399572903986
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PRAZOPGTOTOCOMPRAS = dias_180 prob = 0.41472825331781216
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_PRAZOPGTOTOCOMPRAS = dias_180 prob = 0.41350716472666565
 ESTR_PESSOAL = contratar => ESTR_PRAZOPGTOTOCOMPRAS = dias_90 prob = 0.4792941738790139
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PRAZOPGTOTOCOMPRAS = dias_90 prob = 0.38345309290038854
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_PRAZOPGTOTOCOMPRAS = dias_90 prob = 0.4471519274619573
 ESTR_DESCONTO = zeropc => ESTR_PRAZOPGTOTOCOMPRAS = dias_90 prob = 0.38293273205864764
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PRAZOPGTOTOCOMPRAS = dias_90 prob = 0.5758229612899048
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_PRAZOPGTOTOCOMPRAS = dias_90 prob = 0.5092193848470946
 AMB_IMOBILIZADO_PANT = medio => ESTR_PRAZOPGTOTOCOMPRAS = dias_90 prob = 0.4167776800545516
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_COMPRASINSUMOS = diminuir_10pc_mais prob = 0.42641256621997026
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_COMPRASINSUMOS = diminuir_10pc_mais prob = 0.4245767143512416
 IESTR_APLICACAO => ESTR_COMPRASINSUMOS = diminuir_10pc_mais prob = 0.5026711990258935
 ESTR_PRECONORMAL = manter => ESTR_COMPRASINSUMOS = diminuir_10pc_mais prob = 0.426728505976829
 ESTR_PRAZOPAGTO = zero => ESTR_COMPRASINSUMOS = diminuir_10pc_mais prob = 0.5704499001877116
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_COMPRASINSUMOS = diminuir_10pc_mais prob = 0.6389861270555218
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_COMPRASINSUMOS = diminuir_10pc_mais prob = 0.6380997985510243
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => ESTR_COMPRASINSUMOS = diminuir_10pc_mais prob = 0.567335550244607
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_COMPRASINSUMOS = diminuir_10pc_mais prob = 0.42641256621997026
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_COMPRASINSUMOS = nao_comprar prob = 0.5519323357498924
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_COMPRASINSUMOS = nao_comprar prob = 0.6120524518933005
 ESTR_PRECONORMAL = manter => ESTR_COMPRASINSUMOS = nao_comprar prob = 0.6742828361777152
 ESTR_PRAZOPAGTO = ate30 => ESTR_COMPRASINSUMOS = nao_comprar prob = 0.5059781984331276
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => ESTR_COMPRASINSUMOS = nao_comprar prob = 0.551789722937645
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_COMPRASINSUMOS = nao_comprar prob = 0.7354624120417399
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_COMPRASINSUMOS = nao_comprar prob = 0.7343229419216869
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_COMPRASINSUMOS = manter_vol_anterior prob = 0.4368227403496006
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_COMPRASINSUMOS = manter_vol_anterior prob = 0.43463349327097534
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => ESTR_COMPRASINSUMOS = manter_vol_anterior prob = 0.4371749346080435
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_COMPRASINSUMOS = manter_vol_anterior prob = 0.6103730882152613
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_COMPRASINSUMOS = manter_vol_anterior prob = 0.6093343454223413
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => ESTR_PESSOAL = contratar prob = 0.48598757579938257
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_PESSOAL = contratar prob = 0.48382091627932106
 ESTR_DESCONTO = zeropc => ESTR_PESSOAL = contratar prob = 0.44638704329029805
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PESSOAL = contratar prob = 0.595771723085241
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_PESSOAL = contratar prob = 0.5586713338674987
 AMB_IMOBILIZADO_PANT = medio => ESTR_PESSOAL = contratar prob = 0.41960861569169006
 ESTR_PRAZOPGTOTOCOMPRAS = a_vista => ESTR_PESSOAL = demitir prob = 0.2671195561505573
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PESSOAL = demitir prob = 0.2662300489392961
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_PESSOAL = demitir prob = 0.2660159695180327
 ESTR_DESCONTO = zeropc => ESTR_PESSOAL = demitir prob = 0.21370705932757753
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PESSOAL = demitir prob = 0.26514800746474176
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_PESSOAL = demitir prob = 0.26555202513510057
 AMB_IMOBILIZADO_PANT = baixo => ESTR_PESSOAL = demitir prob = 0.2661899870425022
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => ESTR_IMOBILIZADO = manter prob = 0.36360518191889785
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_IMOBILIZADO = manter prob = 0.40752854712769
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_IMOBILIZADO = manter prob = 0.45371013737742133
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_IMOBILIZADO = manter prob = 0.5426502918762163
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_IMOBILIZADO = manter prob = 0.4978681893364914
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => ESTR_IMOBILIZADO = aumentar prob = 0.3544860929193875
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_IMOBILIZADO = aumentar prob = 0.3548880916214227
 ESTR_DESCONTO = zeropc => ESTR_IMOBILIZADO = aumentar prob = 0.4417922972881462
 AMB_CAIXA_PERANT = baixo => ESTR_IMOBILIZADO = aumentar prob = 0.40142423194139293
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_IMOBILIZADO = aumentar prob = 0.4852371198005997
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_IMOBILIZADO = aumentar prob = 0.4864251160151006
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => ESTR_FINANCIAMENTO prob = 0.24276224179177447
 ESTR_PRAZOPGTOTOCOMPRAS = a_vista => ESTR_FINANCIAMENTO prob = 0.19790369535263644
 IESTR_APLICACAO => ESTR_FINANCIAMENTO prob = 0.23697576331220815
 ESTR_DESCONTO = zeropc => ESTR_FINANCIAMENTO prob = 0.2667574855483067
 AMB_CAIXA_PERANT = baixo => ESTR_FINANCIAMENTO prob = 0.23196994072364796
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_FINANCIAMENTO prob = 0.29055196543849826
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_FINANCIAMENTO prob = 0.29137386988448083
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => IESTR_EMPRESTIMOSCP prob = 0.19552434279417977
 ESTR_PRAZOPGTOTOCOMPRAS = a_vista => IESTR_EMPRESTIMOSCP prob = 0.19809749203174012
 ESTR_PESSOAL = manter => IESTR_EMPRESTIMOSCP prob = 0.33338465750277263
 IESTR_APLICACAO => IESTR_EMPRESTIMOSCP prob = 0.236158463846345
 ESTR_DESCONTO = zeropc => IESTR_EMPRESTIMOSCP prob = 0.21839494891246647
 ESTR_PRECONORMAL = manter => IESTR_EMPRESTIMOSCP prob = 0.19472871700929725
 ESTR_PRAZOPAGTO = zero => IESTR_EMPRESTIMOSCP prob = 0.24246757563448107
 IAMB_GREVE_PROXPER => IESTR_EMPRESTIMOSCP prob = 0.2895388937748961
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => IESTR_EMPRESTIMOSCP prob = 0.2910062146869796
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => IESTR_EMPRESTIMOSCP prob = 0.242340983830734
 AMB_ESTOQUE_IS_PANT = baixo => IESTR_EMPRESTIMOSCP prob = 0.2870250063837487
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = solvente => ESTR_APLICACAO prob = 0.4034501659868186
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_APLICACAO prob = 0.25918117541152536
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_APLICACAO prob = 0.2597361292139315
 ESTR_PRECONORMAL = manter => ESTR_APLICACAO prob = 0.23620079460219023
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => ESTR_APLICACAO prob = 0.23575586274827612
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_APLICACAO prob = 0.3281173784299988
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_APLICACAO prob = 0.3283654183746585
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => ESTR_APLICACAO prob = 0.2350960468100141
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_DESCONTO = ate5pc prob = 0.5280987104158632
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_DESCONTO = ate5pc prob = 0.4392856607279212
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_DESCONTO = ate5pc prob = 0.5711914703160896
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_DESCONTO = ate5pc prob = 0.5253298348963471
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => ESTR_DESCONTO = ate5pc prob = 0.3955404376952841
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PRECONORMAL = diminuir_ate_5pc prob = 0.3746597138291728
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_PRECONORMAL = diminuir_ate_5pc prob = 0.3137745296590645
 IESTR_APLICACAO => ESTR_PRECONORMAL = diminuir_ate_5pc prob = 0.38578042058962897

IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PRECONORMAL = diminuir_ate_5pc prob = 0.4363665079217458
 OBJ_PRODUTIV GER_PROXPER = medio => ESTR_PRECONORMAL = diminuir_ate_5pc prob = 0.4364643785567325
 OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = baixo => ESTR_PRECONORMAL = diminuir_ate_5pc prob = 0.35632123146461886
 ESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_ate_5pc prob = 0.8015696277922538
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_ate_5pc prob = 0.49545573929373865
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_ate_5pc prob = 0.49595736191069445
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_ate_5pc prob = 0.5934823157865008
 OBJ_PRODUTIV GER_PROXPER = medio => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_ate_5pc prob = 0.5938415182528917
 OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = inaceitavel => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_ate_5pc prob = 0.42776921490814634
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_ate_5pc prob = 0.395366078927816
 ESTR_COMPRASINSUMOS = manter_vol_anterior => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_10pc_mais prob = 0.27551980209992827
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_10pc_mais prob = 0.25353649748624135
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_10pc_mais prob = 0.2538080614666617
 IESTR_APLICACAO => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_10pc_mais prob = 0.3915698903319708
 ESTR_PRAZOPAGTO = zero => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_10pc_mais prob = 0.25858132663579747
 AMB_PROPAGANDA = altissimo => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_10pc_mais prob = 0.3015083667109093
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_10pc_mais prob = 0.37983714373659955
 OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = altissimo => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_10pc_mais
 prob = 0.30146328144423423
 OBJ_PRODUTIV GER_PROXPER = medio => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_10pc_mais prob = 0.38031000091151906
 OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = baixo => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_10pc_mais prob = 0.42761476653327657
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => ESTR_PRECONORMAL = aumentar_10pc_mais prob = 0.25409805765228494
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PRAZOPAGTO = zero prob = 0.6500423219633465
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PRAZOPAGTO = zero prob = 0.948488563890137
 OBJ_PRODUTIV GER_PROXPER = medio => ESTR_PRAZOPAGTO = zero prob = 0.949009556837805
 ESTR_COMPRASINSUMOS = aumentar_10pc_mais => ESTR_PRAZOPAGTO = ate60 prob = 0.339428879565809
 ESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PRAZOPAGTO = ate60 prob = 0.8389540585047641
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_PRAZOPAGTO = ate60 prob = 0.48035165482301007
 ESTR_PRECONORMAL = aumentar_ate_5pc => ESTR_PRAZOPAGTO = ate60 prob = 0.33935675723782993
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => ESTR_PRAZOPAGTO = ate60 prob = 0.32018695026427313
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PRAZOPAGTO = ate60 prob = 0.48251852399552186
 OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = baixo => ESTR_PRAZOPAGTO = ate60 prob = 0.3526131746970579
 OBJ_PRODUTIV GER_PROXPER = medio => ESTR_PRAZOPAGTO = ate60 prob = 0.4814923947199708
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PRAZOPAGTO = ate90 prob = 0.1889495012145791
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_PRAZOPAGTO = ate90 prob = 0.1870775028143797
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => ESTR_PRAZOPAGTO = ate90 prob = 0.18828279749982363
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PRAZOPAGTO = ate90 prob = 0.1909023326855429
 OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = baixo => ESTR_PRAZOPAGTO = ate90 prob = 0.23874723192749145
 OBJ_PRODUTIV GER_PROXPER = medio => ESTR_PRAZOPAGTO = ate90 prob = 0.18764488765532483
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_TURNO = extra_20 prob = 0.5936693649442737
 OBJ_PRODUTIV GER_PROXPER = medio => ESTR_TURNO = extra_20 prob = 0.5595992351956556
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => ESTR_TURNO = extra_20 prob = 0.4829073323042802
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => ESTR_TURNO = extra_10 prob = 0.3822853429686995
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_TURNO = extra_10 prob = 0.42973387513676586
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_TURNO = extra_10 prob = 0.33300292822005506
 ESTR_DESCONTO = zeropc => ESTR_TURNO = extra_10 prob = 0.3330230724241785
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_TURNO = extra_10 prob = 0.4799066911898195
 OBJ_PRODUTIV GER_PROXPER = medio => ESTR_TURNO = extra_10 prob = 0.47930484077770563
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => ESTR_TURNO = extra_10 prob = 0.38167451169269034
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = baixo prob = 0.6271511467071925
 OBJ_PRODUTIV GER_PROXPER = medio => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = baixo prob = 0.6281559514901768
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = baixo prob = 0.5826190991551857
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = altissimo prob = 0.42836686111175604
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = altissimo prob = 0.42711845709113316
 IESTR_APLICACAO => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = altissimo prob = 0.433260698052356
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = altissimo prob = 0.5699014256042809
 OBJ_PRODUTIV GER_PROXPER = medio => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = altissimo prob = 0.5700983900423394
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = alto prob = 0.20719495494049506
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = alto prob = 0.20629551216002592
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = alto prob = 0.20648989966610073
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = alto prob = 0.20854997768243164
 OBJ_PRODUTIV GER_PROXPER = medio => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = alto prob = 0.20681882488139933
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = altissimo => AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = alto prob = 0.276388380154816
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => AMB_PRECONORMAL_PERANT = alto prob = 0.2616085480123575
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_PRECONORMAL_PERANT = alto prob = 0.26034647696417357
 IESTR_APLICACAO => AMB_PRECONORMAL_PERANT = alto prob = 0.27075150919469215
 ESTR_PRECONORMAL = manter => AMB_PRECONORMAL_PERANT = alto prob = 0.25901019281986065
 ESTR_PRAZOPAGTO = ate30 => AMB_PRECONORMAL_PERANT = alto prob = 0.30057747008817215
 AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = medio => AMB_PRECONORMAL_PERANT = alto prob = 0.3100314800024885
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_PRECONORMAL_PERANT = alto prob = 0.3886010266428446
 OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = baixo => AMB_PRECONORMAL_PERANT = alto prob = 0.2918766950677991
 OBJ_PRODUTIV GER_PROXPER = medio => AMB_PRECONORMAL_PERANT = alto prob = 0.38946394107523147
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_PRECONORMAL_PERANT = alto prob = 0.3249899360355774
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => AMB_PRECONORMAL_PERANT = baixo prob = 0.34782951459283806
 IESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_PRECONORMAL_PERANT = baixo prob = 0.8259266790947862
 IESTR_APLICACAO => AMB_PRECONORMAL_PERANT = baixo prob = 0.44030485890799836
 ESTR_PRAZOPAGTO = zero => AMB_PRECONORMAL_PERANT = baixo prob = 0.4365984614974794
 AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = baixo => AMB_PRECONORMAL_PERANT = baixo prob = 0.38644822930550393
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_PRECONORMAL_PERANT = baixo prob = 0.5190247800854692
 OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = altissimo => AMB_PRECONORMAL_PERANT = baixo prob = 0.38121879370568157
 OBJ_PRODUTIV GER_PROXPER = medio => AMB_PRECONORMAL_PERANT = baixo prob = 0.5204448301407196
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_PRECONORMAL_PERANT = baixo prob = 0.5179756981015454
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_PRECONORMAL_PERANT = altissimo prob = 0.12207273133136566
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_PRECONORMAL_PERANT = altissimo prob = 0.12178170851902467
 AMB_PRECOEXTERNO_PERANT = altissimo => AMB_PRECONORMAL_PERANT = altissimo prob = 0.19365005485393447
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_PRECONORMAL_PERANT = altissimo prob = 0.12473593214204294
 OBJ_PRODUTIV GER_PROXPER = medio => AMB_PRECONORMAL_PERANT = altissimo prob = 0.12494728064573522
 ESTR_PRAZOPGTOCOMPRAS = a vista => AMB_CAIXA_PERANT = altissimo prob = 0.32792076191332625
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_CAIXA_PERANT = altissimo prob = 0.3286398373260275
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_CAIXA_PERANT = altissimo prob = 0.45267471706971935
 OBJ_PRODUTIV GER_PROXPER = medio => AMB_CAIXA_PERANT = altissimo prob = 0.4544416993727794
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_CAIXA_PERANT = altissimo prob = 0.3705572068375234
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => AMB_CAIXA_PERANT = medio prob = 0.3888554592576128
 ESTR_IMOBILIZADO = manter => AMB_CAIXA_PERANT = medio prob = 0.5749353917158043
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_CAIXA_PERANT = medio prob = 0.4839102702736195
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_CAIXA_PERANT = medio prob = 0.4826601000794899
 ESTR_TURNO = normal => AMB_CAIXA_PERANT = medio prob = 0.4501533154291709
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_CAIXA_PERANT = medio prob = 0.4828015884210246
 OBJ_PRODUTIV GER_PROXPER = medio => AMB_CAIXA_PERANT = medio prob = 0.3884776461614991
 AMB_IMOBILIZADO_PANT = medio => AMB_CAIXA_PERANT = medio prob = 0.5159674130904853
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_CAIXA_PERANT = medio prob = 0.4859671676201501

AMB_ESTOQUE_IS_PANT = medio => AMB_CAIXA_PERANT = medio prob = 0.5389587384988799
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_CAIXA_PERANT = alto prob = 0.1632133073714607
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_CAIXA_PERANT = alto prob = 0.1628069491815673
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_CAIXA_PERANT = alto prob = 0.16546046522372124
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_CAIXA_PERANT = alto prob = 0.1666592941304257
 OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = baixo => AMB_CAIXA_PERANT = alto prob = 0.22959242078400122
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_CAIXA_PERANT = alto prob = 0.16387822943558486
 AMB_ESTOQUE_IS_PANT = baixo => AMB_CAIXA_PERANT = alto prob = 0.18094142380235037
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = baixo prob = 0.44505336282106317
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = baixo prob = 0.493386198178001
 IESTR_APLICACAO => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = baixo prob = 0.5511359633919232
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = baixo prob = 0.6421439427655882
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = baixo prob = 0.6412175506143596
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = baixo prob = 0.4446394029636955
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = altissimo prob = 0.42631578974702833
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = altissimo prob = 0.36611365085712605
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = altissimo prob = 0.5493011399802457
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = altissimo prob = 0.5479271725343974
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = alto prob = 0.09862256878508825
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = alto prob = 0.2918220383381876
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = alto prob = 0.19389415333450333
 IESTR_APLICACAO => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = alto prob = 0.1110664039469375
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = alto prob = 0.19418200694913176
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = alto prob = 0.2937337267511377
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = alto prob = 0.2910828301200404
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_CAPA_PRODUTIVA_PERANT = alto prob = 0.29027579660444763
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_PROPAGANDA = baixo prob = 0.5097331225329946
 ESTR_PRECONORMAL = manter => AMB_PROPAGANDA = baixo prob = 0.4632581937256443
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => AMB_PROPAGANDA = baixo prob = 0.46312447150772146
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_PROPAGANDA = baixo prob = 0.6490606581671391
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_PROPAGANDA = baixo prob = 0.6478959072426914
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_PROPAGANDA = baixo prob = 0.5094558507917485
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_PROPAGANDA = altissimo prob = 0.42433156386713383
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_PROPAGANDA = altissimo prob = 0.4851490871827317
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_PROPAGANDA = altissimo prob = 0.6071817837020119
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_PROPAGANDA = altissimo prob = 0.6060585321256866
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_PROPAGANDA = alto prob = 0.29486291111806906
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => AMB_PROPAGANDA = alto prob = 0.2933688163768999
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_PROPAGANDA = alto prob = 0.4407478477384595
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_PROPAGANDA = alto prob = 0.439756671756329
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = anterior_sazonalidade prob = 0.40342843005862017
 ESTR_DESCONTO = zeropc => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = anterior_sazonalidade prob = 0.40380426400121455
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = anterior_sazonalidade prob = 0.5752717469621846
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = anterior_sazonalidade prob = 0.5763513683195148
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = posterior_sazonalidade prob = 0.5754454920793435
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = posterior_sazonalidade prob = 0.4026185985854238
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = posterior_sazonalidade prob = 0.574616776657188
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = posterior_sazonalidade prob = 0.5751599022082305
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = posterior_sazonalidade prob = 0.4600776283866067
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = sazonalidade prob = 0.45984151414595065
 ESTR_DESCONTO = zeropc => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = sazonalidade prob = 0.459992332112118
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = sazonalidade prob = 0.5741348599108737
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = sazonalidade prob = 0.5751587297565379
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_SAZONALIDADE_PROXPER = sazonalidade prob = 0.40333388672149567
 IESTR_FINANCIAMENTO => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = altissimo prob = 0.5083500288108775
 IAMB_GREVE_PROXPER => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = altissimo prob = 0.7189796719705105
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = altissimo prob = 0.6779849044565057
 IESTR_FINANCIAMENTO => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = medio prob = 0.23347793998151187
 ESTR_PRECONORMAL = manter => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = medio prob = 0.23332998580742087
 ESTR_PRAZOPAGTO = zero => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = medio prob = 0.23881435236238202
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = medio prob = 0.23395971957784326
 IAMB_GREVE_PROXPER => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = medio prob = 0.31079607924494806
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = medio prob = 0.31104374344550656
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = alto prob = 0.24613397667503245
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = alto prob = 0.24622319056824973
 IAMB_GREVE_PROXPER => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = alto prob = 0.2482081554482625
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => OBJ_LUCR_TOT_PROXPER = alto prob = 0.24773901511021962
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PRECOEXTERNO = diminuir_ate_5pc prob = 0.5271989826971892
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PRECOEXTERNO = diminuir_ate_5pc prob = 0.718029916117587
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_PRECOEXTERNO = diminuir_ate_5pc prob = 0.7172396270914863
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PRECOEXTERNO = aumentar_10pc_mais prob = 0.4068929409152647
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_PRECOEXTERNO = aumentar_10pc_mais prob = 0.4066130166746243
 IESTR_APLICACAO => ESTR_PRECOEXTERNO = aumentar_10pc_mais prob = 0.547480250241835
 ESTR_DESCONTO = zeropc => ESTR_PRECOEXTERNO = aumentar_10pc_mais prob = 0.541850692435743
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PRECOEXTERNO = aumentar_10pc_mais prob = 0.608671293018205
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_PRECOEXTERNO = aumentar_10pc_mais prob = 0.6078019547685244
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => ESTR_PRECOEXTERNO = aumentar_10pc_mais prob = 0.47408588672332846
 IESTR_FINANCIAMENTO => ESTR_PRECOEXTERNO = aumentar_ate5_pc prob = 0.2530419187564706
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => ESTR_PRECOEXTERNO = aumentar_ate5_pc prob = 0.25252339346503977
 IAMB_GREVE_PROXPER => ESTR_PRECOEXTERNO = aumentar_ate5_pc prob = 0.25553734474888584
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => ESTR_PRECOEXTERNO = aumentar_ate5_pc prob = 0.25315471344253226
 IESTR_FINANCIAMENTO => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = alto prob = 0.46146914797423794
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = alto prob = 0.4032868656527386
 IAMB_GREVE_PROXPER => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = alto prob = 0.5759151238164927
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = alto prob = 0.5745343653994328
 ESTR_PRECONORMAL = manter => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = baixo prob = 0.4039945608643944
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = baixo prob = 0.5196995132748882
 IAMB_GREVE_PROXPER => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = baixo prob = 0.5761111004260722
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = baixo prob = 0.5754427361680295
 IESTR_FINANCIAMENTO => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = altissimo prob = 0.37704033095299455
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = altissimo prob = 0.3011490691651801
 IESTR_APLICACAO => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = altissimo prob = 0.38631516568827484
 IAMB_GREVE_PROXPER => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = altissimo prob = 0.4535243958318088
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = altissimo prob = 0.4518057095468843
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => OBJ_VENDA_DEMANDA_PROXPER = altissimo prob = 0.45026910644174445
 IESTR_FINANCIAMENTO => OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = baixo prob = 0.6091365495790658
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = baixo prob = 0.5699074985786637
 IAMB_GREVE_PROXPER => OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = baixo prob = 0.7708469081861403
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = baixo prob = 0.7294454263331286
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = medio prob = 0.27457429516841814
 IAMB_GREVE_PROXPER => OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = medio prob = 0.27347149080534155

OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => OBJ_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = medio prob = 0.27225692368137255
 IESTR_FINANCIAMENTO => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = baixo prob = 0.607936886000876
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = baixo prob = 0.5519822936242684
 IESTR_APLICACAO => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = baixo prob = 0.502828289012602
 ESTR_DESCONTO = zeropc => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = baixo prob = 0.49776665937253545
 IAMB_GREVE_PROXPER => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = baixo prob = 0.7188005029902309
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = baixo prob = 0.7168353460729006
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => OBJ_CUSTO_TOTAL_PROXPER = baixo prob = 0.49633660990082895
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => AMB_IMOBILIZADO_PANT = medio prob = 0.6739377048486606
 ESTR_PESSOAL = contratar => AMB_IMOBILIZADO_PANT = medio prob = 0.5436897001997157
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_IMOBILIZADO_PANT = medio prob = 0.6717641426430152
 ESTR_DESCONTO = zeropc => AMB_IMOBILIZADO_PANT = medio prob = 0.5280952373858945
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_IMOBILIZADO_PANT = medio prob = 0.7690012299307115
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_IMOBILIZADO_PANT = medio prob = 0.7200032073256897
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_IMOBILIZADO_PANT = medio prob = 0.5774210293799811
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => AMB_IMOBILIZADO_PANT = altissimo prob = 0.29454762444370775
 ESTR_PRAZOPGTGCOMPRAS = a vista => AMB_IMOBILIZADO_PANT = altissimo prob = 0.36883577593364286
 ESTR_PESSOAL = manter => AMB_IMOBILIZADO_PANT = altissimo prob = 0.39976700993723463
 ESTR_IMOBILIZADO = diminuir => AMB_IMOBILIZADO_PANT = altissimo prob = 0.15771768758407875
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_IMOBILIZADO_PANT = altissimo prob = 0.3671244512279128
 ESTR_DESCONTO = zeropc => AMB_IMOBILIZADO_PANT = altissimo prob = 0.3669475891974979
 AMB_CAIXA_PERANT = baixo => AMB_IMOBILIZADO_PANT = altissimo prob = 0.2963685913835945
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_IMOBILIZADO_PANT = altissimo prob = 0.4404565018233639
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_IMOBILIZADO_PANT = altissimo prob = 0.440722290225718
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_IMOBILIZADO_PANT = alto prob = 0.20859978844695398
 ESTR_DESCONTO = zeropc => AMB_IMOBILIZADO_PANT = alto prob = 0.20802590529160064
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_IMOBILIZADO_PANT = alto prob = 0.2070087343442472
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_IMOBILIZADO_PANT = alto prob = 0.20782541576051833
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_IMOBILIZADO_PANT = alto prob = 0.20791733254238692
 AMB_FATORKANITZ_PERANT = penumbra => AMB_ESTOQUE_PA_PANT = altissimo prob = 0.48293322558604523
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_ESTOQUE_PA_PANT = altissimo prob = 0.5339200434476348
 IESTR_APLICACAO => AMB_ESTOQUE_PA_PANT = altissimo prob = 0.43194968875202855
 ESTR_DESCONTO = zeropc => AMB_ESTOQUE_PA_PANT = altissimo prob = 0.4804767698073355
 ESTR_TURNO = normal => AMB_ESTOQUE_PA_PANT = altissimo prob = 0.4729897633542839
 AMB_PRECONORMAL_PERANT = medio => AMB_ESTOQUE_PA_PANT = altissimo prob = 0.48119328498127534
 AMB_CAIXA_PERANT = baixo => AMB_ESTOQUE_PA_PANT = altissimo prob = 0.5891253695269396
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_ESTOQUE_PA_PANT = altissimo prob = 0.6394955754815421
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_ESTOQUE_PA_PANT = altissimo prob = 0.6394441596756186
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_ESTOQUE_IS_PANT = altissimo prob = 0.5471694934982478
 ESTR_DESCONTO = zeropc => AMB_ESTOQUE_IS_PANT = altissimo prob = 0.46403306401875316
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_ESTOQUE_IS_PANT = altissimo prob = 0.5911598439792877
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_ESTOQUE_IS_PANT = altissimo prob = 0.5918931875470643
 IESTR_FINANCIAMENTO => AMB_ESTOQUE_IS_PANT = medio prob = 0.49699772894426714
 ESTR_EMPRESTIMOSCP => AMB_ESTOQUE_IS_PANT = medio prob = 0.4956639693724798
 ESTR_DESCONTO = zeropc => AMB_ESTOQUE_IS_PANT = medio prob = 0.3850234587132111
 IAMB_GREVE_PROXPER => AMB_ESTOQUE_IS_PANT = medio prob = 0.5497403930021081
 OBJ_PRODUTIV_GER_PROXPER = medio => AMB_ESTOQUE_IS_PANT = medio prob = 0.4972329912174263
 AMB_ESTOQUE_PA_PANT = baixo => AMB_ESTOQUE_IS_PANT = medio prob = 0.4423699907218708

APÊNDICE 3 - Manual do Usuário SEPADO / SPIRIT

a.3.1 Introdução

Esta versão do manual do usuário SEPADO / SPIRIT ainda não abrange todos os detalhes para a compreensão do funcionamento do sistema. Serão necessárias algumas partidas reais do sistema para que após a análise dos problemas apontados pelos participantes possa ser definida a abrangência e tamanho do mesmo.

a.3.2 Instalando JAVA

Toda aplicação desenvolvida na linguagem de programação SUN-JAVA necessita que se transfira regularmente do site do grupo de desenvolvimento JAVA¹⁹⁵ a versão mais atual, principalmente do pacote de *run-time* JAVA (ambiente de execução composto somente pelos códigos do interpretador JAVA), para o sistema operacional com o qual se está trabalhando.

A versão disponível desde o início do ano de 2003 para JAVA 2 é a 1.4, que se localiza no item de *downloads*, no endereço <http://java.sun.com/products/?frontpage-main>, onde encontram-se as diversas famílias de solução JAVA disponíveis. A versão utilizada é a Standard para Windows.

Uma vez feita a transferência, a instalação é realizada se executando o programa de instalação, que é o próprio arquivo transferido, configurando-se os itens mais interessantes para o momento, normalmente o diretório de instalação.

A versão *run-time* instala os arquivos necessários tanto para a execução isolada de uma aplicativo JAVA como o *plug-in* para execução nos navegadores MS-IEEXPLORER e NETSCAPE dos *applets* JAVA.

a.3.3 Instalando o SPIRIT

O procedimento aqui descrito se refere a versão JAVA do SPIRIT, desenvolvida a partir da versão 3.

¹⁹⁵ Endereço www.javasoft.com.

O arquivo de instalação e execução do SPIRIT é um pacote .jar¹⁹⁶ para uso com JAVA2. O mesmo pode ser localizado no site do SPIRIT, <http://www.xspirit.de>, mais especificamente no endereço http://www.fernuni-hagen.de/BWLOR/spirit/sp_shell.e.htm, onde está o roteiro para baixar, instalar e executar o aplicativo.

Uma vez feita a transferência se coloca o arquivo SPIRITshell.jar no diretório desejado e se digita no *prompt*¹⁹⁷ dos Windows o comando:

```
javaw.exe -jar [disco:\diretório]\198 SPIRITshell.jar.
```

Esta parte da rotina pode variar, de acordo com as novas versões que forem sendo disponibilizadas.

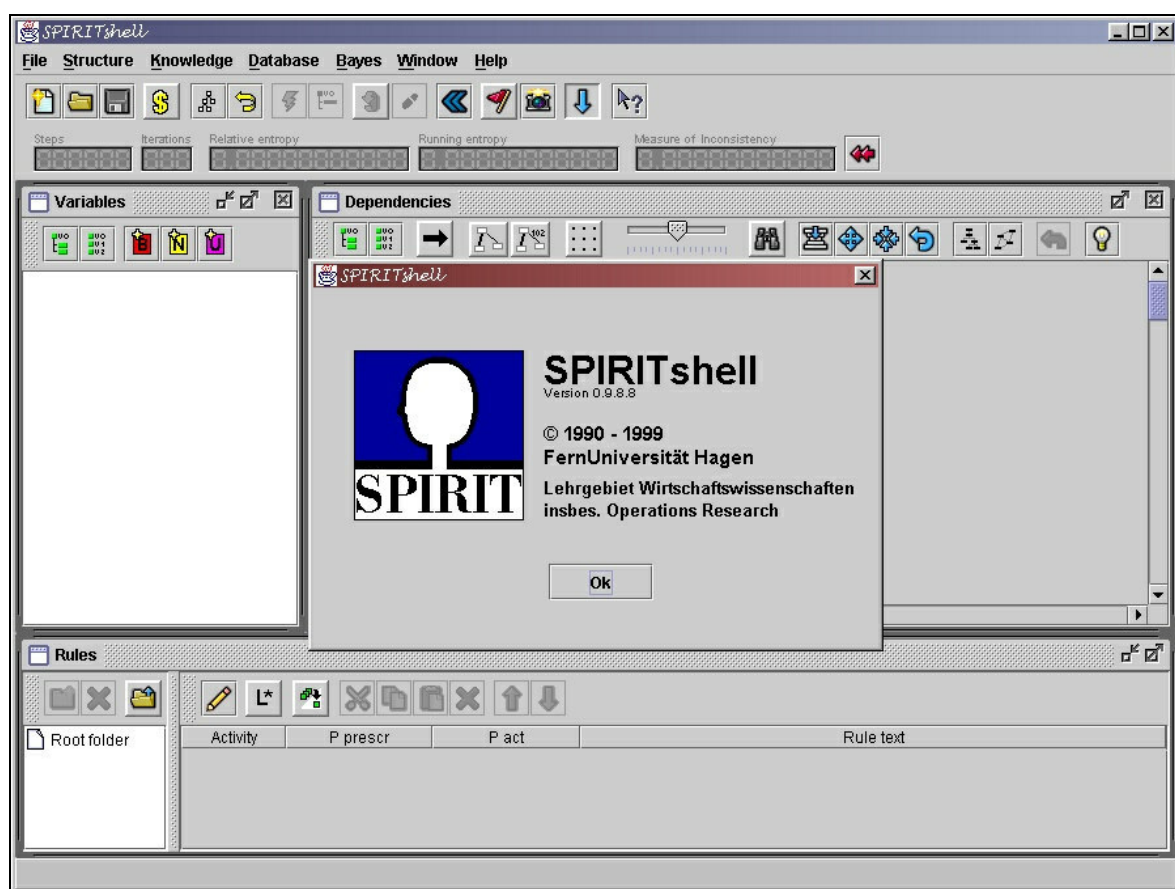


Figura a.1 - Tela de Abertura do SPIRIT

a.3.4 Instalando o SEPADO

SPIRIT permite que se desenvolva todo o ambiente do sistema especialista de forma simples e que o mesmo, uma vez pronto, possa ser armazenado sob a forma de um arquivo

¹⁹⁶ Extensão padrão para a transferência e execução de uma conjunto de classes JAVA2.

¹⁹⁷ Clicar no botão INICIAR / START do Windows, clicar na opção EXECUTAR / EXECUTE e digitar o comando.

¹⁹⁸ Obrigatório se o programa ou arquivo não se encontrar no mesmo disco ou diretório em que se está trabalhando no momento.

no formato TXT, que pode ser aberto em qualquer editor de textos como o MS-WORD ou MS-NOTEPAD. A instalação é simples, coloque o arquivo sepadolight.spirit no diretório desejado e a instalação do SEPADO está concluída.

a.3.5 Utilizando o SEPADO

Com SPIRIT executando selecionar a opção de menu File + Open que abre a tela de seleção de arquivos.

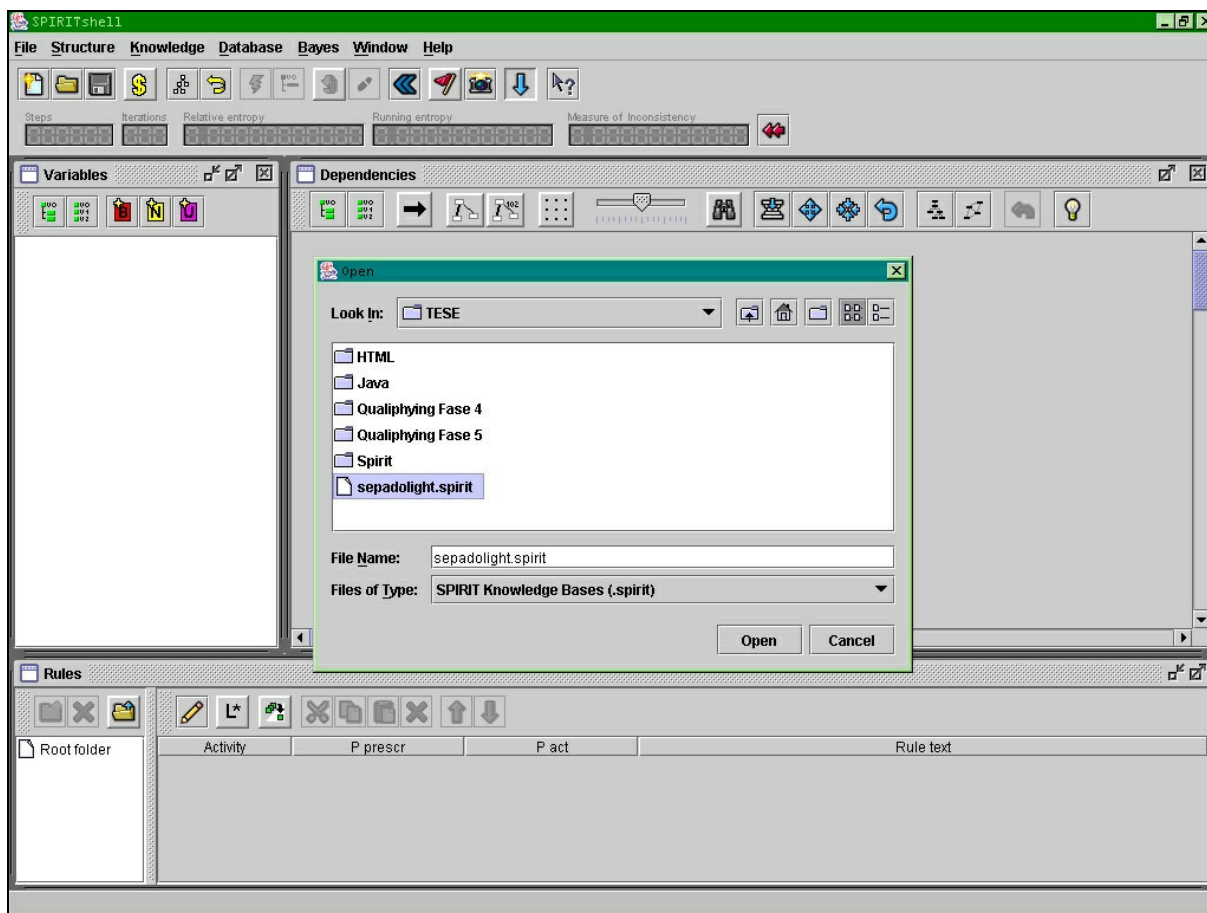


Figura a.2 - Abertura do Sistema SEPADO

Com o SEPADO carregado é necessário ativar-se o botão *Start-Iteration* presente na barra de ferramentas do SPIRIT, assinalado na figura a.3.

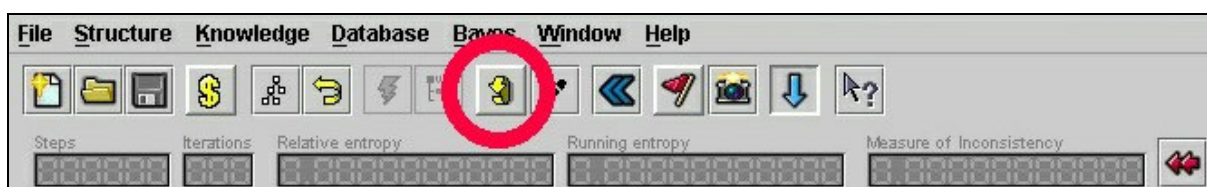


Figura a.3 - Botão *Start-Iteration*

Após o processo de construção da árvore de regras, que é demorada na maioria dos sistemas, o SEPADO está apto a diagnosticar as decisões para o GI-EPS.

Deve-se configurar a apresentação do mesmo para facilitar o diagnóstico. Clique no botão maximizar, indicado por um círculo vermelho na figura a.4, para maximizar a sub-janela *Dependencies* do SPIRIT.

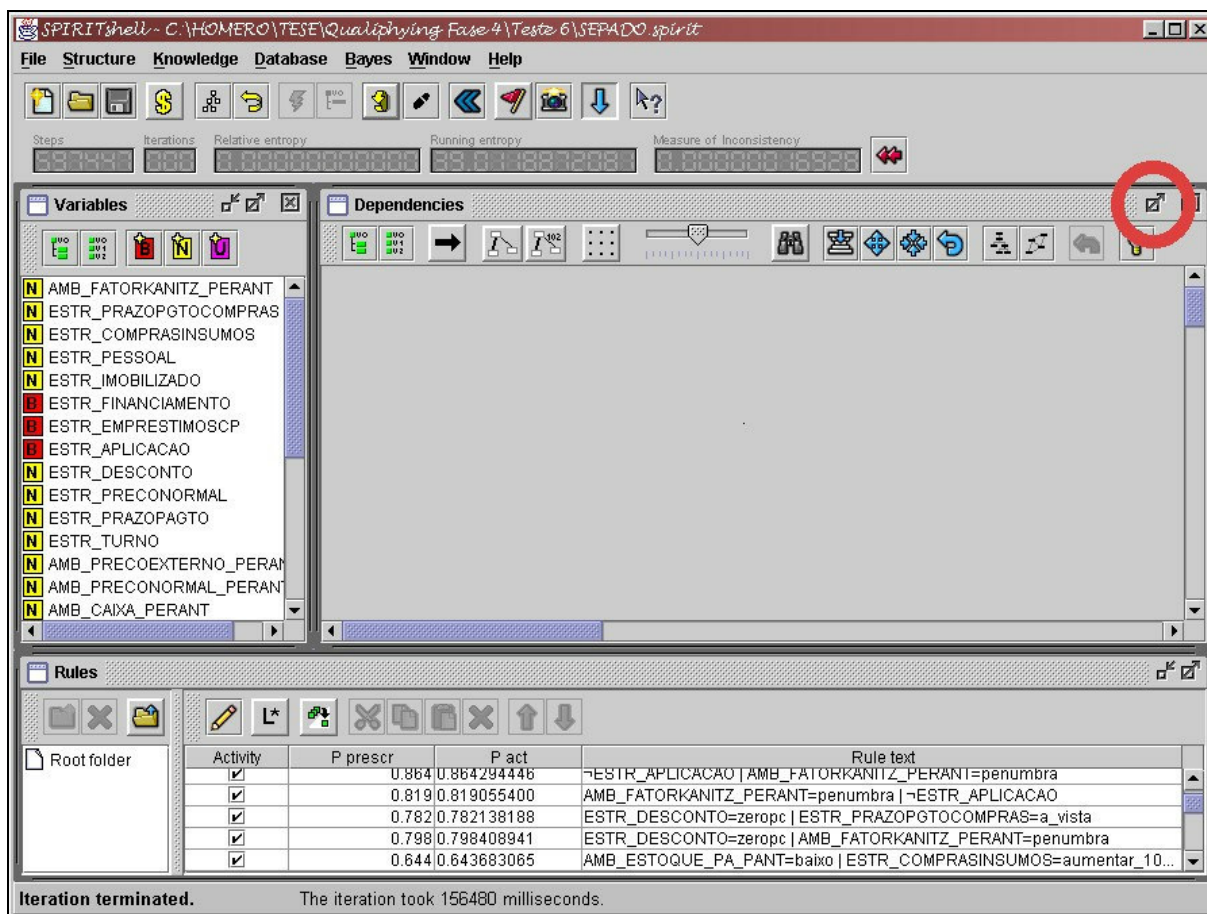


Figura a.4 - Botão Maximizar *Dependencies*

Clica-se então no botão de janela do zoom, assinalado na figura a.5, para ativar um pequeno mapa de localização dos objetos na janela *Dependencies*, figura a.6, que facilita a orientação quando da estruturação dos objetos na janela.



Figura a.5 - Botão Janela de Zoom

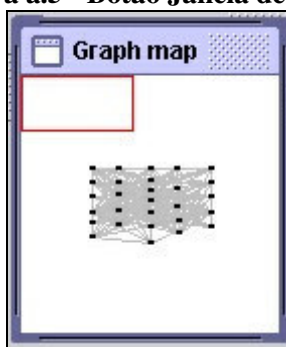


Figura a.6 - Janela Graph Map

Para centralizar a Janela no conjunto de objetos se pode alternativamente clicar o botão assinalado na figura a.7 que centraliza automaticamente a janela sobre os objetos.



Figura a.7 - Botão Centralizar Janela

Deve-se agora colocar todos os objetos visíveis simultaneamente na janela. Utilizando a barra deslizante, figura a.8, se regula a intensidade de Zoom utilizado. Para um melhor ajuste, deve-se ativar o botão de expansão de alternativas da variáveis, botão esquerdo dos dois botões assinalados na figura a.9, e utilizar as duas barras de rolagem para os ajuste finais.

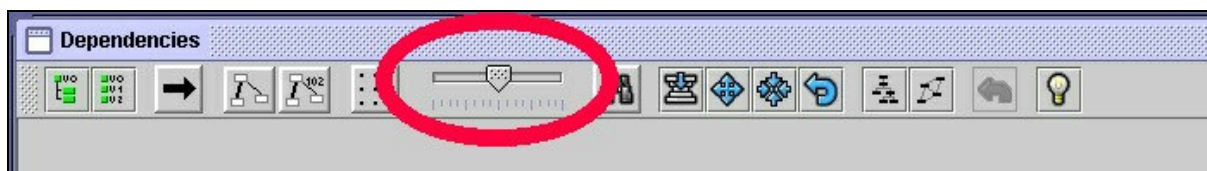


Figura a.8 - Regulagem de intensidade de Zoom

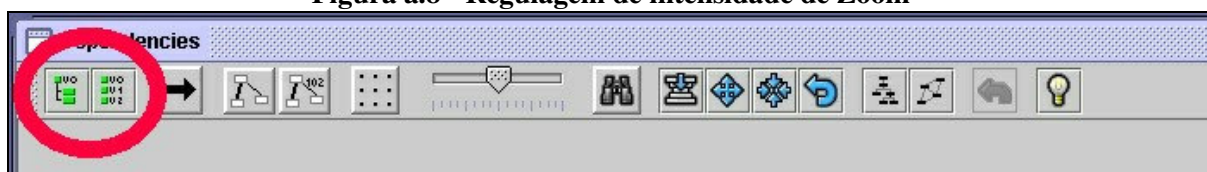


Figura a.9 - Botões de Exibição / Recolhimento das alternativas das Variáveis.

O resultado pode ser visto na figura a.10.

a.3.6 Simulação de Cenários Alternativos

Uma vez que o SEPADO está apto para o diagnóstico do GI-EPS e os objetos estão colocados de maneira que sejam facilmente acessados na tela, passa-se para a simulação dos cenários de decisão possíveis. Para isto se deve instanciar as variáveis com prefixo A_ para a situação que encontra-se a empresa no período imediatamente anterior ao que se está preparando.

Esta é forma mais simples de uso do SEPADO, através do *instanciamento*, ou seja, informar para cada etapa do processo decisório o estado dos atributos das variáveis de informação e selecionar as alternativas de decisão desejadas. Após o instanciamento, os atributos da variável assumem uma valoração probabilística decorrente do processo de propagação sobre a estrutura inicial. A figura a.11 apresenta um exemplo de instanciamento de um processo decisório. O diagnóstico é claro em relação a alternativa decisória escolhida. Neste caso, o valor da probabilidade do atributo serve para orientar na seleção de alternativas de decisão.

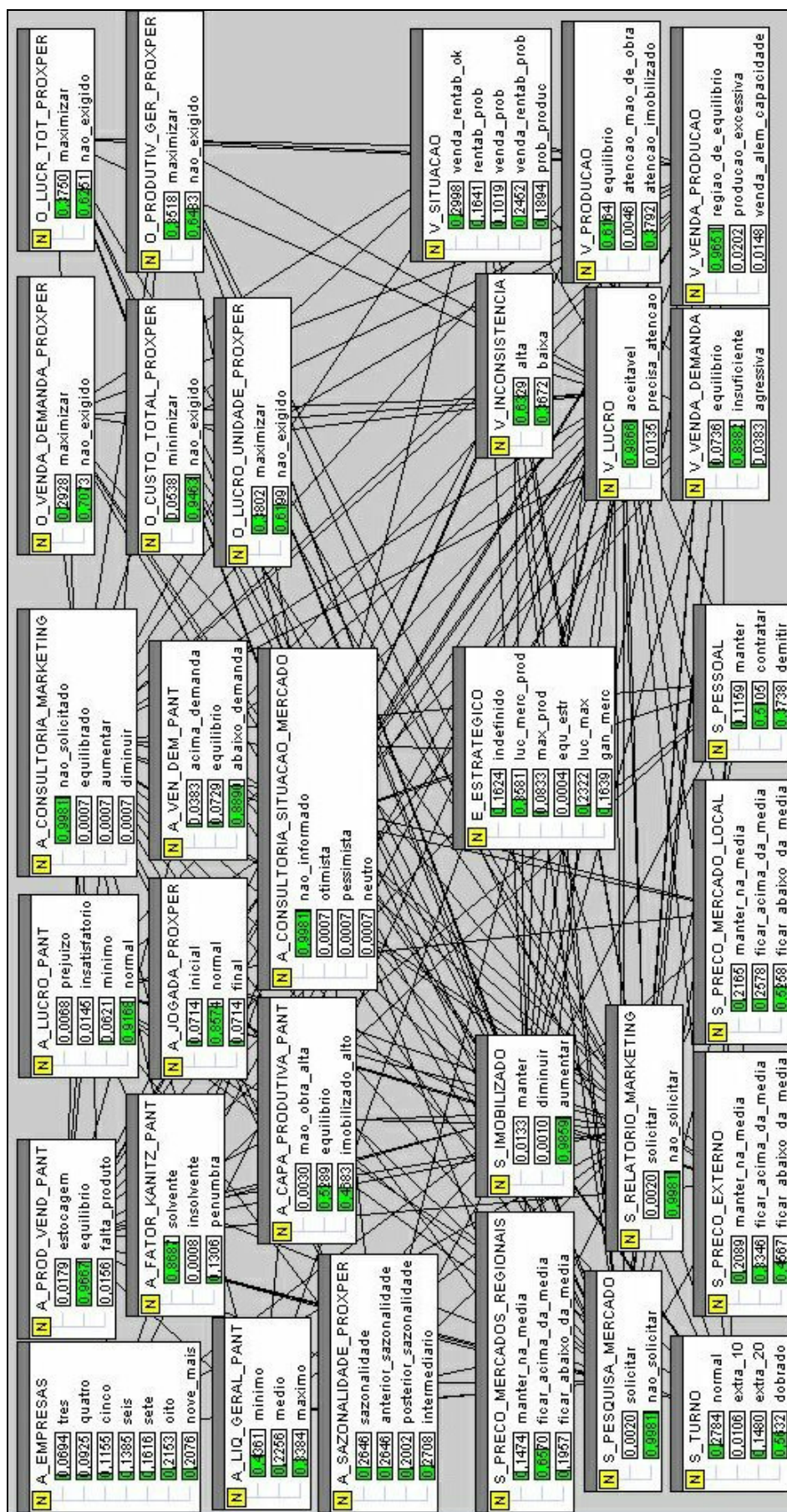


Figura a.10 - Estrutura das Variáveis do SEPADO

No caso as equipes podem ou não realizar o instanciamento das variáveis Objetivo (O_), Verificação (V_) e da variável Estratégia (E_).

Uma vez feita esta seleção a equipe pode analisar as alternativas que apresentaram maior probabilidade de ocorrência, quer seja do conjunto de variáveis verificação, quer seja do conjunto de variáveis objetivo.

a.3.7 Variáveis e Instâncias

Todas as variáveis receberam um prefixo, que classifica a mesma, que são:

- **A_** - Variáveis Ambientais: valores obtidos do sistema, expressam a situação em que a empresa se encontra no período atual. Normalmente são acrescidas do pósfixo (_PANT) que identifica que os dados são do período anterior à que está sendo preparada;
- **S_** - Variáveis Sugestão: Este grupo é composto somente por variáveis de decisão ou "operacionais", que são "sugeridas" de forma o mais genérica possível para os participantes;
- **O_** - Variáveis Objetivo: são as variáveis que expressam os objetivos que a empresa pretende atingir no período;
- **V_** - Variáveis Verificação: conjunto de variáveis nas quais o SEPADO/SPIRIT calcula a probabilidade de que a aplicação das sugestões expressas pelas variáveis S_ possam resultar em problemas. O SEPADO não é uma ferramenta que trabalha com "certezas", ele trabalha com probabilidades condicionais, ou seja, dado que certas condições sejam satisfeitas, existe a "probabilidade de x%" de que o resultado esperado seja "y". Por isto nem sempre as decisões apontadas por ele são uma certeza de bons resultados, existe sempre a possibilidade de que fatores externos e não possíveis de se antecipar ocorram, influenciando negativamente nos resultados. Desta maneira a equipe deverá verificar neste grupo o que provavelmente precisa de mais atenção no conjunto S_, bem como verificar se não existe nada de diferente que possa ajudar a minimizar o problema que o conjunto de sugestões pode gerar;
- **E_** - Variável Estratégia: compreende somente 1 variável, "Qual é a estratégia a ser adotada?"; ou dependendo de como se instancia o SEPADO, "Qual é a estratégia com maior probabilidade de sucesso?". É possível informar ao sistema qual é a estratégia que será utilizada na próxima jogada mediante processamento computadorizado.

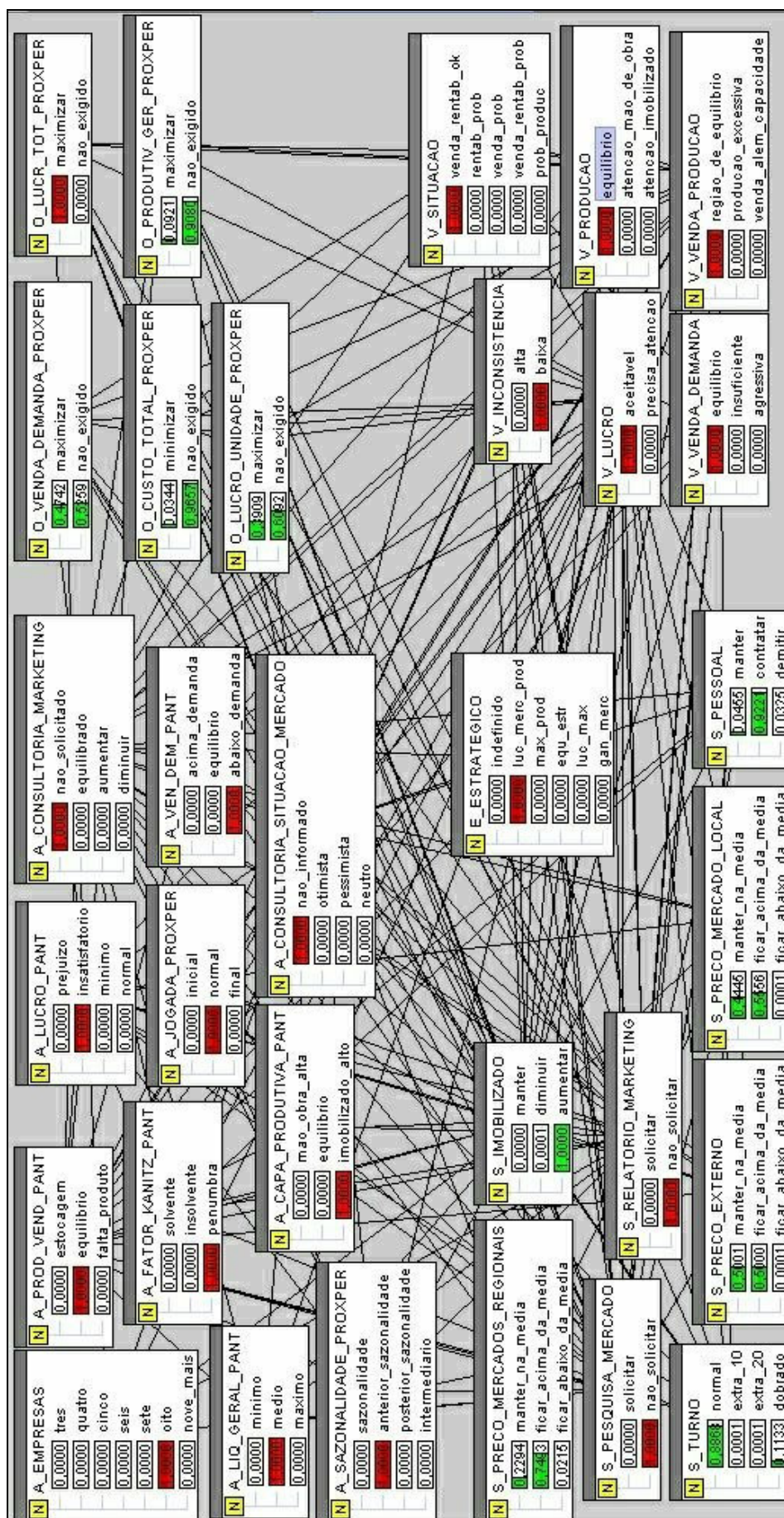


Figura a.11 - Exemplo de instanciamento de um processo decisório

Para a obtenção das instâncias para as variáveis não se analisa somente o período ou estado atual, se acrescenta também o estado do período anterior de certas variáveis, normalmente ambientais.

Os aparentes erros de português nos nomes de variáveis e instâncias que foram utilizados se devem ao fato de que o SPIRIT da versão 2.XX em diante opera em inglês e portanto não funciona de forma adequada com acentos em nomes de variáveis.

N.º de Empresas na aplicação:

A_EMPRESAS = ("tres", "quatro", "cinco", "seis", "sete", "oito", "nove_mais")

O número de empresas competindo entre si é importante na hora de escolher o que fazer, precisa-se desta forma de uma variável que defina qual é o tamanho da competição que existe, começa-se por três por que o GI-EPS não permite, existem exceções, que uma aplicação seja feita com menos de 3 empresas. O GI-EPS atual apresenta restrições na interface do programa para trabalhar com mais de 9 empresas simultaneamente¹⁹⁹, necessita de uma resolução de tela, monitor, de pelo menos 1628 x 1248, só adequada em micros com tela maior do que 17 polegadas; desta maneira não se considerará um número maior do que 9 explicitamente, ficam agrupados com na alternativa "nove_mais".

A Empresa produz o suficiente?

A_PROD_VEND_PANT = ("estocagem", "equilibrio", "falta_produto")

O volume produzido condiz com o nível de vendas atual ? As empresas passam por diversos períodos durante o jogo, em que o excesso de estoques, ou a sua escassez podem levar a perdas de oportunidades de lucros, etc. Desta maneira, além do indicador da eficiência do preço (Venda/Demanda) este indicador ajuda a determinar se a política de produção está correta. Os valores são obtidos do relatório confidencial do GI-EPS dos itens produção e vendas.

As alternativas que compõem esta variável são:

- estocagem: o volume de produção supera o de vendas no período, aumentando o volume de estoques, que poderão ser vendidos futuramente, por exemplo, no próximo período de sazonalidade. O valor de referência é superior a 1.05;
- equilibrio: produção casada com vendas, sem grandes folgas entre ambos os volumes, indica um ajuste preciso, apesar de momentâneo, entre vendas efetivas e produção. Os valores de referência encontram-se entre 1.05 e 0.95;

¹⁹⁹ O GI-MICRO, por sua vez, consegue trabalhar com até 10 empresas na tela do vídeo.

- falta_produto: o planejamento do volume de produção não foi feliz (excetuando-se o caso de haver um grande volume já estocado do produto final), sendo coberto por estoques remanescentes de períodos anteriores, muito provavelmente deve ser necessário rever o nível dos preços de venda, e também a capacidade de produção total da empresa. Os valores de referência encontram-se abaixo de 0.95.

A Empresa tem lucro?

A_LUCRO_PANT = ("prejuizo", "insatisfatorio", "minimo", "normal")

O preço cobrado nos diversos mercados gera lucro? O volume de vendas (Demanda) é o mínimo para que a empresa possa se manter? Junto com os indicadores de Venda/Demanda e Produção/Venda permitem uma sintonia fina com os fatores de produção e de marketing da empresa. O valor deste item se encontra no relatório de desempenho do GI-EPS. As alternativas que compõem esta variável são:

- prejuizo: o volume de vendas da empresa pelo preço cobrado não satisfaz minimamente a sobrevivência, que dirá permita que a mesma tenha alguma chance de vitória na aplicação, deve-se buscar alternativas, quer no mix de produção, quer no mix de preços, normalmente em ambos simultaneamente. O valor de referência é inferior a 0 (zero);
- insatisfatorio: não tão preocupante quanto a alternativa anterior, uma vez que pelo menos os custos foram pagos (lucro / prejuízo = 0, no mínimo), a equipe deve rever com urgência os valores dos diversos itens e tentar alguma mudança. Os valores de referência se encontram entre 0 e 0.5;
- minimo: já é uma melhora, apesar de não ser o melhor resultado possível. A equipe já pode avaliar com maior calma o ambiente e tentar ajustes mais específicos, além de testar combinações nos diversos mercados para ver se consegue melhorar ainda mais os seus resultados. Os valores de referência se encontram entre 0.5 e 1.5;
- normal: neste item os lucros podem ter grande variação, mas o que conta é que a equipe já atingiu um certo grau de maturidade com a análise do mercado, restando agora procurar uma sintonia fina que permita um aumento de demanda e produtividade além de um progressivo aumento nos preços, o que certamente melhorará o resultado final. Os valores de referência se encontram acima de 1.5.

A Demanda está sendo atendida?

A_VEN_DEM_PANT = ("acima_demanda", "equilibrio", "abaixo_demanda")

A empresa está vendendo tanto quanto a sua política de preço está permitindo, será que está se tomando o mercado da concorrência? Na dúvida se supõe que o acréscimo desta variável, calculada pelo GI-EPS, ao SEPADO fará com que o mesmo passe a administrar melhor a capacidade produtiva e o nível de preços, buscando um melhor balanceamento entre os dois.

As alternativas que compõem esta variável são:

- acima_demanda: o volume de vendas da empresa conseguiu ser maior do que a demanda obtida normalmente pela sua política de preços, isto normalmente significa uma de duas coisas: alguma outra empresa teve problemas ou com os seus preços ou com a oferta de seu produto; ou a empresa dispunha de estoque de produto acabado suficiente para atender esta oportunidade inesperada²⁰⁰. O valor de referência é superior a 1.05;
- equilíbrio: a equipe conseguiu uma ajuste quase perfeito no seu mix de preço e de produção, não esquecer que o valor aqui não é exatamente 1. Os valores de referência se encontram entre 1.05 e 0.95;
- abaixo_demanda: aqui ocorre um nítido erro entre o mix preço *versus* produção da empresa que provavelmente baixou demais os seus preços e não planejou um volume de produção suficientemente alto, mesmo que via estocagem em períodos anteriores. O valor de referência é menor do que 0.95.

O próximo período é inicial ou final da aplicação?

A_JOGADA_PROXPER = ("inicial", "normal", "final")

Se determinou que as decisões do SEPADO dependem muito do período da aplicação, tanto na 1ª jogada, como na final. Isto ocorre porquê:

- na 1ª jogada as equipes ainda não estão plenamente inteiradas do funcionamento da aplicação, nem conseguiram ainda definir um conjunto de objetivos e implantá-los através de alguma estratégia; e,
- na jogada final as empresas tipicamente vão para o tudo ou nada, já sabendo que não terá tanta influência para os resultados de classificação se, e.g., a

²⁰⁰ Pode ter preparado estoque para o período de sazonalidade enquanto que a concorrência não criou uma reserva para isto.

empresa aumentar muito o endividamento de longo prazo e diminuir a capacidade de produção.

Isto é importante por que em todos os testes sempre houveram grandes prejuízos na última jogada com o uso do SEPADO, pois as outras empresas passam a arriscar mais, baixando os preços (principalmente) num movimento fora do comportamento anterior, o que coloca a empresa que utiliza o SEPADO praticamente fora do mercado por estar quase ou acima do teto dos 20% de desvio da média dos preços, o que "encalha" as vendas e frustra todo o esforço anterior²⁰¹.

Fator Kanitz para análise de Insolvência:

A_FATOR_KANITZ_PANT = ("solvente", "insolvente", "penumbra")

O fator de Kanitz é um dos diversos índices existentes na literatura de análise de balanços de empresas que permite prever²⁰² se uma empresa irá, ou não sobreviver nos próximos períodos. Sua escolha se deve principalmente ao fato de já fazer parte dos indicadores utilizados pelo GI-EPS, de maneira que minimiza o trabalho de pesquisa e seleção do índice para este quesito.

Onde²⁰³:

- solvente = valor da variável é maior do que 0;
- penumbra = valor da variável encontra-se entre -3 e 0; e,
- insolvente = variável tem valor abaixo de -3.

Nível de Liquidez da Empresa no período anterior:

A_LIQ_GERAL_PANT = ("minimo", "medio", "maximo")

Permite determinar em quanto a sua atividade normal pode suprir suas dívidas, tanto de curto como de longo prazos. Junto com KANITZ ajuda a determinar a solidez econômico/financeira da empresa.

Normalmente se utilizaria como base para a classificação do nível de liquidez os valores obtidos do estudo de algum setor, como porém os valores aqui analisados são os do jogo, opta-se novamente pelo uso da relação de média entre as diversas empresas.

²⁰¹ [KOP98] KOPITKE, B. H.. **Manual: jogo de empresas GI-EPS**. Florianópolis, EPS / UFSC, 1998.

²⁰² Existem opiniões divergentes sobre tal afirmativa, tanto na literatura, como entre os profissionais do meio.

²⁰³ Não será descrita aqui a forma com que o índice é obtido, maiores informações na bibliografia, principalmente nos textos do GI-EPS e na literatura brasileira de análise de balanços.

Sazonalidade no próximo período:

$A_SAZONALIDADE_PROXPER = ("sazonalidade", "anterior_sazonalidade", "posterior_sazonalidade", "intermediario")$

Um dos fatores que influenciam de maneira profunda a estratégia a seguir e o desempenho das equipes na aplicação é a sazonalidade, que ocorre a cada 4 períodos. Esta sazonalidade influencia em um aumento "automático" na demanda em torno de 60% no período (varia conforme o nível de preços médio praticado nos setores), fazendo com que mesmo situações de preços elevados e condições desfavoráveis de pagamento sejam atenuadas, permitindo a recuperação das empresas que apresentam problemas.

Apesar deste auxílio dado às empresas ainda podem ocorrer perturbações no período que afetam a capacidade de produção, por exemplo, falta ou atraso na entrega das matérias-primas, podendo colocar a perder todo o esforço de recuperação da empresa.

Nível de Capacidade Produtiva no período anterior:

$A_CAPA_PRODUTIVA_PANT = ("mao_obra_alta", "equilibrio", "imobilizado_alto")$

A preocupação com a capacidade produtiva da empresa se volta para o equilíbrio entre a capacidade de produção da mão-de-obra e das instalações, de forma a realizar uma sintonia fina destes dois itens, diminuindo prováveis desperdícios de ambos. Desta maneira a variável serve como controle das demais que são responsáveis pela produção da empresa. O valor desta variável é calculado automaticamente pelo GI-EPS no item CMO / CIMOB do relatório de desempenho da produção.

As alternativas que compõem esta variável são:

- *mao_obra_alta*: a capacidade de produção da mão-de-obra excede em mais de 5% sobre a capacidade do imobilizado ($x > 1.05$);
- *equilibrio*: a capacidade de produção de ambas as partes esta numa faixa de relativo equilíbrio, sendo que nenhuma delas excede em mais de 5% sobre a outra ($0.95 \leq x \leq 1.05$).
- *imobilizado_alto*: a capacidade de produção do imobilizado excede em mais de 5% a capacidade da mão-de-obra ($x < 0.95$).

Objetivo Lucro Total no próximo período:

$O_LUCR_TOT_PROXPER = ("maximizar", "nao_exigido")$

Para o modelo adotado se procura um critério de maximização dos resultados ao longo do tempo, para que ao final da aplicação a empresa esteja entre as melhores. No

SEPADOFULL²⁰⁴ a divisão é em até 4 níveis, no modelo atual se juntam nas 4 variáveis Objetivo em que os critérios são os mesmos, os critérios medio, alto e altissimo, formando o critério maximizar, sendo que baixo e minimo passam a ser considerados como nao_exigido.

Objetivo Produtividade no próximo período:

O_PRODUTIV_GER_PROXPER = ("maximizar", "nao_exigido")

Um dos critérios de classificação das equipes depende da análise de quão bem ela foi no quesito produtividade geral, desta forma a produtividade foi colocada como um dos objetivos a serem atingidos em cada período. Influindo no conjunto de decisões a serem tomadas.

Objetivo Lucro por Unidade no próximo período:

O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = ("maximizar", "nao_exigido")

O GI-EPS procura classificar não somente as empresas pelo seu lucro total, que inclui as operações financeiras, mas também a capacidade da empresa em ser lucrativa operacionalmente.

Objetivo Custo Total no próximo período:

O_CUSTO_TOTAL_PROXPER = ("minimizar", "nao_exigido")

Nesta variável se objetiva classificar o melhor gerente de produção, uma vez que influem nos custos dos produtos vendidos. Desta maneira o melhor gerente não é o que obtêm os maiores valores de custo, mas os menores, ou seja a empresa que obtêm um resultado menor neste item tem melhor desempenho.

Desta maneira a classificação "minimizar" é obtida do modelo SEPADOFULL unificando os grupos baixissimo, baixo e medio; e "nao_exigido" diretamente de inaceitavel.

Objetivo Relação Demanda / Venda no próximo período:

O_VENDA_DEMANDA_PROXPER = ("maximizar", "nao_exigido")

Junto com a maximização do lucro total é o 2º objetivo que toda empresa pretende atingir, ou seja, ter a melhor relação entre a demanda de seu produto e suas vendas, produzir exatamente aquilo que seus clientes querem, no volume que eles desejam adquirir.

Ao todo são 5 variáveis objetivo que devem ser consideradas para a tomada de decisão das jogadas.

²⁰⁴ Versão de substituição do Jogador Automático do GI-EPS.

Qual é a Estratégia Global?

E ESTRATEGICO = ("indefinido", "max_prod", "gan_merc")

Programas de computador são simulações da vida real, eles não pensam "estratégia" como seres humanos. Para eles basta que se indique um objetivo a atingir, e eles se encarregam de buscar via cálculos matemáticos exaustivos qual o caminho a seguir. Na realidade toda a pesquisa de IA atualmente busca determinar atalhos, desvios ou macetes, ou seja, alternativas para que esta busca seja o menos complexa e demorada possível além de computacionalmente mais leve possível, utilizando máquinas comuns no nosso dia-a-dia, as assim chamadas *heurísticas*. Desta maneira para o computador "Estratégia" no sentido real não existe. A única estratégia é chegar a solução ótima o mais rápido possível.

Com esta variável se supõe que os jogadores aprendam ou notem a influência que as diferentes estratégias podem ter no jogo. Esta variável assume portanto diversas combinações que se baseiam em diversas formas diferentes para se atingir os mesmos objetivos:

- gan_merc: Ganhar Mercado. A estratégia se baseia nas vendas da empresa serem maiores do que a sua demanda prevista normal, que é obtida pela tomada, captura ou convencimento de partes não atendidas das demandas de seus concorrentes;
- max_prod: Máxima Produção, ou atingir os objetivos com a máxima produção ou produtividade possível, e ;
- indefinido: Não tem uma estratégia definida ou não pôde ser enquadrado em uma das anteriores. Não só as equipes podem se decidir em não seguir uma estratégia o jogo todo como está alternativa é necessária também para equilibrar as probabilidades que o SEPADO usa para os seus cálculos.

Quantos funcionários serão necessários no próximo período?

S_PESSOAL = ("manter", "contratar", "demitir")

Simplificando as variáveis relativas à contratação ou não de mão de obra, do SEPADOFULL; os jogadores, uma vez aceita a sugestão, utilizam o SAD-GI para quantificar número de funcionários desta decisão.

Qual a carga, em turno de trabalhos, que se dará à produção da empresa no próximo período?

S_TURNO = ("normal", "extra_10", "extra_20", "dobrado")

Quanto se deve investir no imobilizado no próximo período?

S_IMOBILIZADO = ("manter", "aumentar", "diminuir")

Comprovou-se que é interessante que o SEPADO possa informar para a equipe se existe ou não a necessidade de um investimento maior ou não em equipamentos.

Quando o sistema sugere "manter" deve-se realizar um investimento mínimo no Imobilizado, somente para compensar a depreciação pelo uso do equipamento; para as outras duas sugestões se deve usar o SAD-GI para definir os valores para cima ou para baixo. Desta maneira na verdade sempre se está realizando alguma alteração no Imobilizado, mesmo que seja de manutenção do mesmo.

Qual o preço que se deve praticar no mercados local no próximo período?

S_MERCADO_LOCAL = ("manter_na_media", "ficar_acima_da_media",
"ficar_abaixo_da_media")

Qual o preço que se deve praticar nos mercados regionais no próximo período?

S_MERCADOS_REGIONAIS = ("manter_na_media",
"ficar_acima_da_media", "ficar_abaixo_da_media")

Qual o preço que se deve praticar no mercado externo no próximo período?

S_MERCADO_EXTERNO = ("manter_na_media", "ficar_acima_da_media",
"ficar_abaixo_da_media")

Determinou-se que é mais interessante que o mercado local fique desmembrado dos outros mercados regionais. Também se optou por simplificar o número de sugestões passadas aos participantes, buscando estimular um maior uso do SAD-GI, simplificando em

três decisões possíveis, manter na média do período anterior²⁰⁵, ficar acima desta média, ou abaixo.

Os participantes tem conhecimento prévio somente das médias anteriores do período que se encerrou²⁰⁶, e o SEPADO / SPIRIT, pela análise das séries estatísticas e o cálculo de probabilidades sugere se deve-se ou não sair de "perto" destas médias nos novos preços praticados para o período que virá.

Problemas de Produção?

V_PRODUCAO = ("equilibrio", "atencao_mao_de_obra",
"atencao_imobilizado")

Primeira variável do grupo de verificação a V_PRODUCAO aponta o risco (probabilidade), ou não, de que baseado na situação anterior e nas sugestões S_ que o SEPADO coloca, possa ocorrer um problema ou desequilíbrio, quer no uso de mão de obra, quer na capacidade do imobilizado em atender a demanda do mercado.

Recomenda-se atenção por parte da equipe nas decisões que envolvem os fatores de produção.

Produção atende Vendas?

V_VENDA_PRODUCAO = ("regiao_de_equilibrio", "producao_excessiva",
"venda_alem_capacidade")

Neste item se apontam possíveis problemas ou desequilíbrios entre a capacidade de produção real futura e o volume de vendas que o mercado estará realizando. Cabe a equipe atentar para dois grupos de decisões diversos que poderão estar com problemas. Caso se indique que "producao_excessiva" deve-se analisar o que estará errado com os fatores de Venda (preço, propaganda, prazo, etc.) e corrigi-los se necessário²⁰⁷. Da mesma maneira em caso de "venda_alem_capacidade", vendas superiores à demanda inicialmente projetada, pode ser necessário analisar a oportunidade de novos investimentos no Imobilizado e contratação de mão-de-obra, uma vez que a política de vendas estará *dando certo*²⁰⁸.

²⁰⁵ Supõem-se que não será interessante alterar o preço para muito fora da média que foi praticada no período anterior.

²⁰⁶ Por enquanto é necessário que o animador forneça os valores, uma vez que o SAG-GI não fornece os valores consolidados.

²⁰⁷ Não esquecer que o excesso pode ser o resultado da preparação para o período de sazonalidade.

²⁰⁸ Novamente no caso de sazonalidade, as vendas normalmente excedem a capacidade de produção.

Está-se vendendo o máximo possível?

V_VENDA_DEMANDA = ("equilibrio", "insuficiente", "agressiva")

O SEPADO aponta o risco das decisões de preço e produção não serem compatíveis com o mercado, em caso de "insuficiente" a equipe deve analisar se as S_ envolvendo produção não estão baixas demais, no caso de "agressiva" as decisões de venda podem estar muito "fortes", o que pode forçar a concorrência a começar uma "guerra" de preços.

O Preço não deve aumentar?

V_LUCRO = ("aceitavel", "precisa_atencao")

O preço está alto o suficiente para gerar lucros? Junto com as outras variáveis V_ esta variável ajuda a indicar se o que estará errado é o preço. Se nas outras o problema a ser analisado pela equipe é o grupo envolvendo as decisões de venda (preço por setor, prazo, propaganda, etc.) e esta variável indicar que estará sendo gerado um lucro "aceitavel", pode ser hora de se baixar um pouco mais os preços do que o SEPADO está sugerindo. Se estiver indicando "precisa_atencao", provavelmente existirá algum outro fator além de preço, talvez um desequilíbrio entre mão-de-obra e imobilizado, ou outro custo escondido. A equipe deve analisar os seus relatórios e descobrir o que poderá desbalancear tudo. Se pelo contrário, as outras variáveis indicarem que o preço não é o problema e V_LUCRO indica "precisa_atencao" se deve considerar um aumento nos preços, bem como uma diminuição em prazos, propaganda, etc., para aumentar o fator lucratividade.

A situação da empresa ficará problemática?

V_SITUACAO = ("venda_rentab_ok", "rentab_prob", "venda_prob",
"venda_rentab_prob", "prob_produc")

Nesta variável se pretende condensar o que é informado nas variáveis verificação, informando para a equipe onde é que provavelmente ocorrerá o problema que pode gerar um resultado insatisfatório no próximo período.

A descrição da alternativas é a seguinte:

- venda_rentab_ok: metas de vendas e rentabilidade em nível normal ou acima do desejado;
- rentab_prob: meta de vendas normal mas a meta de rentabilidade poderá ficar abaixo do desejado;
- venda_prob: meta de vendas pode ficar abaixo do desejado e meta de rentabilidade normal;

- venda_rentab_prob: metas de vendas e rentabilidade podem ficar abaixo do desejado;
- prob_produc: situação produtiva comprometida = falta de matéria-prima ou pessoal.

Qual é o grau de inconsistência previsto?

V_INCONSISTENCIA = ("alta", "baixa")

Uma vez que o SEPADO prevê a probabilidade de surgirem problemas nas decisões que ele mesmo sugere esta variável indica o nível de preocupação global que estes problemas podem acarretar. Caso não haja previsão, ou esteja concentrado somente em uma variável V_²⁰⁹ a inconsistência prevista será baixa; caso contrário - alta, sendo que a equipe deverá então analisar cuidadosamente o que fazer.

²⁰⁹ A equipe deve determinar através das outras qual é e analisar o que fazer.

APÊNDICE 4 - Estrutura do Jogador Inteligente

Como colocado no capítulo 3 desta tese se definiu que o SEPADO, da forma que foi montado para os testes, atuou como um bom jogador automático, não pelo resultado que as empresas de teste obtiveram, mas pela perturbação do ambiente do jogo que ele proporcionou.

Devido a isto, e considerando que para a criação da nova versão do SEPADO (para uso pelos jogadores - SEPADOLIGHT) seria necessário que fossem obtidos vários outros dados além dos que seriam apresentados aos jogadores, optou-se por colocar neste apêndice uma versão ampliada e revisada do SEPADO, ou para facilitar a diferenciação SEPADOFULL. Esta nova versão do SEPADO, mais carregada de informação do que o SEPADOLIGHT, pode ser considerada além de um novo jogador automático, um jogador inteligente que também serviria para o refino do jogador automático atual caso necessário, uma vez que diferente do jogador automático atual, o SEPADOFULL é um jogador criado utilizando-se tecnologia de sistemas especialistas. Sendo desta maneira mais apto às súbitas variações de estilo de jogo que as equipes reais possam apresentar, e reunindo também as características de buscar a realização de objetivos através de estratégia definida pelo animador do jogo. O SEPADOFULL essencialmente é o mesmo SEPADO criado para o 1º grupo de testes, sendo que o mesmo foi ampliado para se adequar a tarefa de jogador automático, uma vez que a versão inicial estava entre um consultor de empresas e um jogador automático, por um lado pela falta de algumas variáveis importante para o JA, e por outro lado pela complexidade e quantidade de atributos em certas variáveis.

Acredita-se que as variáveis deste novo JA devam ser divididas em classes de alternativas com os seguintes valores em relação à média da alternativa:

- minimo = valores abaixo de 85% da média dos valores obtidos no período;
- baixo = valores entre 85 e 95% da média dos valores obtidos no período;
- medio = valores entre 95 e 105% da média dos valores obtidos no período;
- alto = valores entre 105 e 115 % da média dos valores obtidos no período; e,
- maximo = valores acima dos 115%.

de forma que as instâncias estejam em uma faixa contínua de valores.

Também se julgou necessário simplificar os prefixos e pósfixos das variáveis em relação à 1ª série de testes, sem perda na qualidade da classificação das mesmas, bem como inserir dois novos grupos de variáveis:

- **A_** - Variáveis Ambientais: valores obtidos do sistema, expressam a situação em que a empresa se encontra no período atual. Normalmente são acrescidas do pósfixo (_PANT²¹⁰) que identifica ou lembra que os dados são do período anterior ao que está sendo preparada;
- **S_** - Variáveis Sugestão: são as variáveis que compõem o conjunto de "sugestões" operacionais do período a ser realizado. Compreendem um subgrupo do antigo grupo chamado "Estratégico" (EST_). Com o novo conjunto de variáveis que está sendo proposto neste item se optou por mudar o nome do grupo inteiro, uma vez que o nome do mesmo gerava confusão com a idéia ou uso de "Estratégia". Havia uma dificuldade grande no conjunto anterior de variáveis em se definir as estratégias de forma mais clara, pois as mesmas dependiam da análise de diversas variáveis ao mesmo tempo. Este grupo é composto somente por variáveis de decisão ou operacionais, que são sugeridas de forma o mais genérica possível para os participantes ou mesmo para o SAD-GI;
- **O_** - Variáveis Objetivo: são as variáveis que expressam os objetivos que a empresa pretende atingir no período;
- **V_** - Variáveis Verificação: conjunto de variáveis nas quais o SEPADO / SPIRIT calcula a probabilidade de que as variáveis S_ possam resultar em problemas. O SEPADO não é uma ferramenta que trabalha com "certezas", ele trabalha com probabilidades condicionais, ou seja, dado que certas condições sejam satisfeitas, existe a "probabilidade de x%" de que o resultado esperado seja "y". Por isto nem sempre as decisões apontadas por ele são uma certeza de bons resultados, existe sempre a possibilidade de que fatores externos e não possíveis de se antecipar ocorram²¹¹, influenciando negativamente nos resultados. Desta maneira a equipe deverá verificar neste grupo o que provavelmente precisa de mais atenção no conjunto S_, uma vez que sempre cabe à equipe a palavra final sobre acatar ou não as sugestões calculadas pelo SEPADO; bem como verificar se não existe nada de diferente que possa ajudar a minimizar o problema que o conjunto de sugestões pode gerar;

²¹⁰ Unificam-se todos os pósfixos PERANT para PANT, evitando duplicidade de codificação.

²¹¹ Principalmente a reação da concorrência, que nem sempre pode ser racional; segue o mesmo comportamento já verificado.

- **E_** - Variável Estratégia: compreende somente 1 variável, "Qual é a estratégia a ser adotada?"; ou dependendo de como se instancia o SEPADO, "Qual é a estratégia com maior probabilidade de sucesso?". Como colocado no grupo S_, com o novo conjunto de variáveis que se propõe é possível agora informar ao sistema qual é a estratégia que será utilizada na próxima jogada mediante processamento computadorizado.

As variáveis e critérios utilizados nesta fase foram:

N.º de Empresas na aplicação:

A_EMPRESAS = ("tres", "quatro", "cinco", "seis", "sete", "oito", "nove_mais")

O número de empresas competindo entre si é importante na hora de escolher o que fazer, precisa-se desta forma de uma variável que defina qual é o tamanho da competição que existe, começa-se por três por que o GI-EPS não permite, existem exceções, que uma aplicação seja feita com menos de três empresas. O GI-EPS atual apresenta restrições para trabalhar com mais de nove empresas simultaneamente, problemas com resolução de vídeo necessário para se operar com esta opção; desta maneira se considerará nesta nova versão um número maior do que nove como pertencente ao grupo nove_mais.

O próximo período é inicial ou final da aplicação?

A_JOGADA_PROXPER = ("inicial", "normal", "final")

Após a análise do conjunto de teste ficou claro que seria muito interessante que o SEPADO fizesse a classificação das decisões considerando também o período da jogada, se é a 1ª jogada das equipes, tipicamente é a jogada para o período 2 do GI-EPS; se é uma jogada intermediária qualquer ou se é a jogada final.

Durante os testes se notou que as decisões do SEPADO eram muito inadequadas, tanto na 1ª jogada, como na final. Isto ocorre porquê:

- na 1ª jogada as equipes ainda não estão plenamente inteiradas do funcionamento da aplicação, nem conseguiram ainda definir um conjunto de objetivos e implantá-los através de alguma estratégia; e,
- na jogada final as empresas tipicamente vão para o tudo ou nada, já sabendo que não terá tanta influência para os resultados de classificação se a empresa aumentar muito o endividamento de longo prazo ou diminuir a capacidade de produção, por exemplo.

Isto é interessante por que em todos os testes sempre houveram grandes prejuízos na última jogada com o uso do SEPADO, pois as outras empresas passam a arriscar mais, baixando os preços (principalmente) num movimento fora do comportamento das jogadas anteriores, o que torna a jogada final um "*caso especial*" dentro do sistema, colocando a

empresa que utiliza o SEPADO fora do mercado por estar quase ou acima do teto dos 20% de desvio da média dos preços, o que "encalha" as vendas e joga todo o esforço anterior (leia-se lucro) no "lixo".

Fator Kanitz para análise de Insolvência:

A_FATORKANITZ_PANT = ("solvente", "insolvente", "penumbra")

O fator de Kanitz é um dos diversos índices existentes na literatura de análise de balanços de empresas que permite prever²¹² se uma empresa irá, ou não sobreviver nos próximos períodos. Sua escolha se deve principalmente ao fato de já fazer parte dos indicadores utilizados pelo GI-EPS, de maneira que minimiza o trabalho de pesquisa e seleção do índice para este quesito.

Onde²¹³:

- solvente = valor da variável é maior do que 0;
- penumbra = valor da variável encontra-se entre -3 e 0; e,
- insolvente = variável tem valor abaixo de -3.

Preço nos diversos mercados no período anterior:

A_PRECOEXTERNO_PANT = ("baixo", "medio", "alto", "altissimo")

A_PRECOLOCAL_PANT = ("baixo", "medio", "alto", "altissimo")

A_PRECOREGIONAL_PANT = ("baixo", "medio", "alto", "altissimo")

Mudou-se a distribuição entre os preços do mercado local e o regional, que eram unidos nos primeiros testes, e agora ficam separados devido às diversas diferenças apontadas nos testes entre os mesmos.

Nível de Liquidez da Empresa no período anterior:

A_LIQ_GERAL_PANT = ("minimo", "baixo", "medio", "alto", "maximo")

Uma vez que a disponibilidade de Caixa não é o problema das empresas fica mais interessante analisar o quão auto-sustentável (pagável) é a empresa (o GI-EPS mantém um nível mínimo de caixa com empréstimos de curto prazo automáticos). O quanto a sua atividade normal pode suprir suas dívidas, aqui tanto de curto como de longo prazos. Junto com o Fator de KANITZ ajuda a determinar a solidez econômico/financeira da empresa.

Normalmente se utilizaria como base para a classificação do nível de liquidez os valores obtidos do estudo de algum setor, como porém os valores aqui analisados são os

²¹² Existem opiniões divergentes sobre tal afirmativa, tanto na literatura, como entre os profissionais do meio.

²¹³ Não será descrita aqui a forma com que o índice é obtido, maiores informações na bibliografia, principalmente nos textos do GI-EPS e na literatura brasileira de análise de balanços.

do jogo, opta-se novamente pelo uso da relação de média entre as diversas empresas, com os limites já definidos no início deste sub-item.

Nível de Capacidade Produtiva no período anterior:

A_CAPA_PRODUTIVA_PANT = ("baixo", "medio", "alto", "altissimo")

Com esta variável é estabelecido o nível da capacidade de produção que a empresa possuía em relação às outras empresas, para fins tanto de aumentar a capacidade de produção da empresa, como para a análise da capacidade de realizar alguma "promoção" pelo setor de marketing que crie um súbito aumento na demanda para o próximo período.

Nível de gasto com Propaganda no período anterior:

A_PROPAGANDA_LOCAL = ("baixo", "medio", "alto", "altissimo")

A_PROPAGANDA_REGIONAL = ("baixo", "medio", "alto", "altissimo")

A_PROPAGANDA_EXTERNO = ("baixo", "medio", "alto", "altissimo")

O nível de propaganda (marketing) da empresa está alto, insuficiente, etc.? Qual é a influência que está causando?

Sazonalidade no próximo período:

A_SAZONALIDADE_PROXPER = ("sazonalidade", "anterior_sazonalidade", "posterior_sazonalidade", "intermediario")

Um dos fatores que influenciam de maneira profunda a estratégia a seguir e o desempenho das equipes na aplicação é a sazonalidade, que ocorre a cada 4 períodos. Esta sazonalidade influencia em um aumento automático na demanda em torno de 60% no período, varia conforme o nível de preços médio praticado nos setores, fazendo com que mesmo situações de preços elevados e condições desfavoráveis de pagamento e prazo sejam atenuadas, permitindo a recuperação das empresas que apresentam problemas.

Apesar deste auxílio dado às empresas ainda podem ocorrer perturbações no período que afetam a capacidade de produção, e.g., falta ou atraso na entrega das matérias-primas, podendo colocar a perder todo o esforço de recuperação da empresa.

Nível do Imobilizado no período anterior:

A_IMOBILIZADO_PANT = ("baixo", "medio", "alto", "altissimo")

Junto com variáveis como A_CAPA_PRODUTIVA_PANT, A_CAIXA_PANT, e outras que serão detalhadas a seguir, a variável A_IMOBILIZADO_PANT²¹⁴ é importante para se estabelecer o que fazer no período que está-se preparando, uma vez que se pode saber,

²¹⁴ O pósfixo foi reduzido para o nome da variável não ficar excessivamente longo.

com o conjunto de variáveis já citados se é interessante investir em máquinas ou num aumento da produção com o nível de infra-estrutura disponível no próximo período.

Nível do estoque de produtos acabados no final do período anterior:

$A_ESTOQUE_PA_PANT = ("baixo", "medio", "alto", "altissimo")$

Como já comentado anteriormente esta e as outras variáveis $_PANT$ ²¹⁵ permitem montar a estratégia para a próximo período.

Nível do estoque de insumos (matéria-prima) no final do período anterior:

$A_ESTOQUE_IS_PANT = ("baixo", "medio", "alto", "altissimo")$

Quanto insumo está disponível? Depende-se ou não da compra de novos estoques de insumos para operar no próximo período, deve-se realizar um aumento de preço, propaganda, prazo, etc., para diminuir ou aumentar a oferta já que se tem (ou não) insumo e produtos acabados $A_ESTOQUE_PA_PANT$ suficientes (ou não).

Com esta variável termina o conjunto específico dos indicadores do estado atual da empresa, seguem as variáveis objetivo.

Objetivo Lucro Total no próximo período:

$O_LUCR_TOT_PROXPER = ("baixo", "medio", "alto", "altissimo")$

Para o modelo adotado procurou-se um critério de maximização dos resultados ao longo do tempo, para que ao final da aplicação a empresa esteja entre as melhores.

Desta maneira os valores das funções objetivo são obtidos pelos valores resultantes do período em questão, ou seja, o valor do lucro do período, e.g., se for o maior (acima de 10 % da média) torna a variável $O_LUCR_TOT_PROXPER = altissimo$.

Todas as funções objetivo são os itens considerados quando da finalização da aplicação, ou seja, a melhor classificação de uma empresa no lucro total (final) gera a classificação máxima neste item, e assim por diante, vide em Kopittke [KOP98].

Objetivo Produtividade no próximo período:

$O_PRODUTIV_GER_PROXPER = ("baixo", "medio", "alto", "altissimo")$

Um dos critérios de classificação (objetivos que as equipes devem atingir, ou seja, serem bem classificadas) das equipes depende da análise de quão bem ela foi no quesito produtividade geral, desta forma a produtividade foi colocada como um dos objetivos a serem atingidos em cada período. Influindo no conjunto de decisões a serem tomadas.

²¹⁵ Idem à anterior.

Objetivo Lucro por Unidade no próximo período:

O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER = ("baixo", "medio", "alto", "altissimo")

O GI-EPS procura classificar não somente as empresas pelo seu lucro total que inclui as operações financeiras, mas também a capacidade da empresa em ser lucrativa operacionalmente.

15º Objetivo Custo Total no próximo período:

O_CUSTO_TOTAL_PROXPER = ("baixissimo", "baixo", "medio", "inaceitavel")

Exceção à rotina de classificação utilizada para todas as variáveis nominais com mais de 3 instanciamentos possíveis; na variável O_CUSTO_TOTAL_PROXPER se objetiva classificar o melhor gerente de produção, uma vez que influem nos custos dos produtos vendidos.

Desta maneira o melhor gerente não é o que obtêm os maiores valores de custo, mas os menores, ou seja a empresa que obtêm um resultado baixissimo neste item tem melhor desempenho.

As faixas classificam-se em:

- baixissimo = valores abaixo de 90% da média dos custos de produção entre as empresas;
- baixo = valores abaixo de 95% da média dos custos de produção entre as empresas;
- medio = valores entre 95 e 105% da média dos custos de produção entre as empresas; e,
- inaceitavel = acima dos 105% da média dos preços praticados no mercado.

Objetivo Relação Demanda / Venda no próximo período:

O_VENDA_DEMANDA_PROXPER = ("baixo", "medio", "alto", "altissimo")

Junto com a maximização do lucro total é o 2º objetivo que toda empresa pretende atingir, ou seja, ter a melhor relação entre a demanda de seu produto e suas vendas, produzir exatamente aquilo que seus clientes querem, no volume que eles desejam adquirir.

Ao todo são 5 variáveis objetivo que devem ser consideradas para a tomada de decisão das jogadas no protótipo, seguem às variáveis de decisão operacional, ou estratégicas.

Qual o melhor prazo de pagamento das Compras?

S_PRAZOPGTOCOMPRAS = ("nao_comprar", "a_vista", "dias_90",
"dias_180")

V.U.²¹⁶: 0, 30, 90, 180

Nestas variáveis se passa a considerar classes ou faixas de valores mais específicos, para que possa-se inclusive utilizar o recurso do cálculo da Função Utilidade no SPIRIT, vide em Rödder, Kopittke e Kulmann [ROD97], opção que permite gerar um valor para as decisões que serão colocadas no GI-EPS. Ou seja, com isto se sai da etapa valores->classificação (discretização das variáveis), e passa-se à etapa inversa para gerar a lista de decisões que deve ser incluída no GI-EPS, classificação -> valores (valoração).

A análise da variável S_PRAZOPGTOCOMPRAS permite definir qual o melhor prazo para realizar o pagamento das compras que serão forçosamente realizadas no período em que está sendo montada a lista de tomada de decisões, para tanto os valores e classes são bem claros, inclusive o item não comprar, que foi colocado para manter o equilíbrio na tabela que alimenta o SPIRIT, nos casos em que a decisão foi não comprar nenhum item, volume comprado zero, uma vez que o sistema realiza o suprimento e pagamento com prazo padrão nos casos em que ocorre um erro na previsão do volume de itens produzidos no período.

Qual o volume de insumos que deve ser adquirido?

S_COMPRAINSUMOS = ("nao_comprar", "aumentar_ate_5pc",
"diminuir_ate_5pc", "aumentar_10pc_mais", "diminuir_10pc_mais",
"manter_vol_anterior")

V.U.: 0, 1.05, 0.95, 1.1, 0.9, 1

Variável intimamente relacionada com a variável anterior S_PRAZOPGTOCOMPRAS, a variável S_COMPRAINSUMOS determina o nível, volume ou quantidade, de insumos que deverão ser adquiridos no período em percentual, sendo inclusive possível não se adquirir nada, ou se manter o volume do período anterior.

Nesta e em outras variáveis que se seguem utiliza-se o redutor "pc" com o significado de por cento, procurando reduzir a digitação que esta palavra traria.

²¹⁶ Valor Utilidade.

Quantos funcionários serão necessários no próximo período?

S_PESSOAL = ("manter", "contratar_10pc", "contratar_20pc", "demitir_10pc",
"demitir_20pc")

V.U.²¹⁷ = 1, 1.1, 1.2, 0.9, 0.8

Nesta variável se verifica qual a quantidade de mão-de-obra que será necessária para a manutenção dos níveis de produção previstos para o novo período.

Tomou-se a liberdade de utilizar os valores de utilidade de 1, 1.2, 1.1, 0.8 e 0.9 respectivamente, para cada uma das três decisões possíveis, uma vez que era necessário estabelecerem-se valores utilidade para a decisão, pois o GI-EPS não permite este controle de outra forma que não seja informando quantos funcionários serão contratados ou dispensados no período. Desta maneira a equipe deve multiplicar o número de funcionários atual pelo valor utilidade gerado: no caso de ser superior a 1 contratar, ou demitir a diferença do novo valor pelo atual, o V.U. é menor do que 1.

Quanto se deve investir no imobilizado no próximo período?

S_IMOBILIZADO = ("zero", "ate5pc", "ate10pc", "ate20pc", "mais")

V.U.: 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3

Durante a realização dos testes, e principalmente com o teste 5, comprovou-se que é interessante que o SEPADO possa informar para a equipe um valor maior do que o definido previamente. Diferentemente da construção anterior desta variável, que foi inicialmente definida em relação aos valores investidos no período anterior (manter, aumentar ou diminuir), agora ela seria baseada no percentual em comparação com o tamanho do seu imobilizado, de maneira que estes valores investidos seriam mais agressivos do que somente em relação ao investimento no período anterior.

Ou seja:

- zero: valor nulo de investimento;
- ate5pc: até 5% de investimento sobre o valor do imobilizado atual;
- ate10pc: até 10%;
- ate20pc: até 20%;
- mais: mais de 20% de investimento.

²¹⁷ Valor Utilidade.

Financia-se ou não o Imobilizado no próximo período?

S_FINANCIAMENTO = Boolean (Sim ou Não)

Esta variável pretende estabelecer se um possível aumento de imobilizado será através de financiamento, ou se a equipe supõe que terá recursos para realizar todos os investimentos com o capital disponível em caixa e em aplicações²¹⁸.

Deixou-se entretanto o item aberto quanto aos valores, que devem ser definidos pela equipe.

Deve-se tomar um empréstimo ou não no próximo período?

S_EMPRESTIMOSCP = Boolean (Sim ou Não)

Caso não seja evitável (as vezes até chega a ser interessante, se as taxas forem atrativas), decide-se aqui tomar-se um empréstimo de curto prazo para financiamento do giro da empresa. Também neste caso é a equipe que define o valor do mesmo.

Aplica-se ou não uma possível sobra de caixa no próximo período?

S_APLICACAO = Boolean (Sim ou Não)

Havendo ou não sobra de caixa²¹⁹, ativa-se a aplicação de certo volume de capital, definido pela equipe, para aplicar durante o período.

Deve-se dar algum desconto para as vendas, e qual o percentual?

S_DESCONTO = ("zeropc", "umpc", "doispc", "trespc", "quatropc", "cincopc",
"maisde5pc")

V.U. = 1, 0.99, 0.98, 0.97, 0.96, 0.95, 0.9

Notou-se que seria interessante modificar a variável ESTR_DESCONTO, para que a mesma refletisse as variações de desconto num nível mais próximo ao que é apresentado normalmente nas aplicações, por cento a por cento. Desta maneira os novos valores utilidade passam a ser 1, 0.99, 0.98, 0.97, 0.96, 0.95 e para o caso de ocorrer um desconto excepcional de mais de 5 por cento, 0.9.

²¹⁸ O "supõe" utilizado deriva das decisões que formam a base amostral, ou seja, o "supõe" é uma conclusão calculada pelo SEPADO e considerada provável.

²¹⁹ Caso haja informação incompleta para o SPIRIT, é possível ocorrerem jogadas que gerem necessidade de empréstimos de curto prazo, com a empresa realizando ao mesmo tempo uma aplicação por uma taxa menor, o que é *improdutivo*.

Qual o preço que se deve praticar no mercado local no próximo período?

S_PRECO_NORMAL = ("manter", "aumentar_ate_5pc", "diminuir_ate_5pc",
"aumentar_10pc_mais", "diminuir_10pc_mais")

V.U.: 1, 1.05, 0.95, 1.1, 0.9

Qual o preço que se deve praticar nos mercados regionais no próximo período?

S_PRECO_REGIONAL = ("manter", "aumentar_ate_5pc", "diminuir_ate_5pc",
"aumentar_10pc_mais", "diminuir_10pc_mais")

V.U.: 1, 1.05, 0.95, 1.1, 0.9

Qual o preço que se deve praticar no mercado externo no próximo período?

S_PRECOEXTERNO = ("manter", "aumentar_ate_5pc", "diminuir_ate_5pc",
"aumentar_10pc_mais", "diminuir_10pc_mais")

V.U.: 1, 1.05, 0.95, 1.1, 0.9

Qual é o preço que a empresa deve propor aos diversos mercados para o próximo período?

Nestas variáveis se emprega, vê-se a real importância da função de valor utilidade do SPIRIT, o grupo precisa inicialmente calcular os preços limite para cada uma das alternativas: o valor da média atual do mercado, 105%, 95%, 110% e 90% deste valor médio; e informar ao SPIRIT. No modelo definitivo multiplica-se diretamente o preço médio pelo V.U. calculado.

O SPIRIT / SEPADO, uma vez dispondo desta informação projetada, baseado nas probabilidades de ocorrência de cada alternativa, o preço que deverá ser passado ao GI-EPS para os mercados locais no próximo período, sendo que a equipe pode decidir acatar ou mudar o valor a ser informado.

Qual o prazo para os pagamentos no próximo período?

S_PRAZOPAGTO = ("zero", "ate30", "ate60", "ate90", "mais_tempo")

V.U.: 0, 30, 60, 90, 100

E qual seria o prazo normal que se deveria conceder aos clientes para o pagamento das vendas?

Aqui utiliza-se a função utilidade como um referencial de que se deveria conceder mais tempo para os clientes, quando o grupo for utilizar o SPIRIT pode definir outro valor para esta instância "mais_tempo".

Qual a carga, em turno de trabalhos, que se dará à produção da empresa no próximo período?

S_TURNO = ("normal", "extra_10", "extra_20", "dobrado")

V.U.: 1, 1.1, 1.2, 2

Como aumentar o volume produzido? Pelo aumento do n.º de funcionários, pelo investimento em máquinas, pelo aumento do n.º de horas trabalhadas, ou uma combinação de todas estas alternativas? Qualquer que seja a decisão tomada, nesta variável indica-se o nível de horas extras que será adotado.

Qual o prazo para os pagamentos no próximo período?

S_PRAZOPAGTO = ("zero", "ate30", "ate45", "ate60", "ate90")

V.U.: 0, 30, 45, 60, 90

Após análise de algumas aplicações e consultas ao animador foi verificado que normalmente não se pode fornecer um prazo maior do que 90 dias para o recebimento das vendas, desta forma esta variável pode ser mais estratificada no intervalo entre 0 e 90 dias.

Qual a carga, em turno de trabalhos, que se dará à produção da empresa no próximo período?

S_TURNO = ("normal", "extra_10", "extra_20", "dobrado")

V.U.: 1, 1.1, 1.2, 1.95

Algo que não aparece claramente no material explicativo do GI-EPS, nem apareceu durante a aplicação testada foi que é possível se dobrar o turno dos funcionários, em casos realmente excepcionais²²⁰.

Quanto se deve investir no imobilizado no próximo período?

S_IMOBILIZADO = ("zero", "ate5pc", "ate10pc", "ate20pc", "mais")

V.U.: 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3

Durante a realização dos testes, e principalmente com o teste 5, comprovou-se que é interessante que o SEPADO possa informar para a equipe um valor maior do que o definido previamente. Diferentemente da construção anterior desta variável, que foi inicialmente definida em relação aos valores investidos no período anterior (manter, aumentar ou

²²⁰ Dentro do GI-EPS completo. A aplicação de teste fazia parte do grupo GI-MICRO, derivado como uma versão mais compacta e simples do modelo completo, para fins de treinamento de novos empreendedores.

diminuir), agora ela seria baseada no percentual em comparação com o tamanho do seu imobilizado, de maneira que estes valores investidos seriam mais agressivos do que somente em relação ao investimento no período anterior.

Ou seja:

- zero: valor nulo de investimento;
- ate5pc: até 5% de investimento sobre o valor do imobilizado atual;
- ate10pc: até 10%;
- ate20pc: até 20%;
- mais: mais de 20% de investimento.

Nível de Liquidez da Empresa no período anterior:

A_LIQ_GERAL_PANT = ("minimo", "baixo", "medio", "alto", "maximo")

Uma vez que a disponibilidade de Caixa não é o problema das empresas fica mais interessante analisar o quão auto-sustentável (pagável) é a empresa (o GI-EPS mantém um nível mínimo de caixa com empréstimos de curto prazo automáticos). O quanto a sua atividade normal pode suprir suas dívidas, aqui tanto de curto como de longo prazos. Junto com o Fator de KANITZ ajuda a determinar a solidez econômico/financeira da empresa.

Normalmente se utilizaria como base para a classificação do nível de liquidez os valores obtidos do estudo de algum setor, como porém os valores aqui analisados são os do jogo, opta-se novamente pelo uso da relação de média entre as diversas empresas, com os limites já definidos no início deste sub-item.

Nível de Capacidade Produtiva no período anterior:

A_CAPA_PRODUTIVA_PANT = ("mo_exced", "mo_alta", "equilibrio", "im_alto", "im_exced")

Diferente de como foi calculada no modelo anterior, agora a preocupação com a capacidade produtiva da empresa se volta mais para o equilíbrio entre a capacidade de produção da mão-de-obra e das instalações, de forma a realizar uma sintonia fina destes dois itens, diminuindo prováveis desperdícios de ambos. Desta maneira a variável serve como controle das demais que são responsáveis pela produção da empresa. O valor desta nova variável é calculado automaticamente pelo GI-EPS no item CMO/CIMOB do relatório de desempenho da produção.

As alternativas que compõem esta variável agora, são:

- `mo_exced`: a capacidade de produção da mão-de-obra excede em mais de 15% sobre a capacidade do imobilizado ($x > 1.15$);
- `mo_alta`: a capacidade de produção da mão-de-obra excede em mais de 5% sobre a capacidade do imobilizado ($x > 1.05$);
- `equilibrio`: a capacidade de produção de ambas as partes esta numa faixa de relativo equilíbrio, sendo que nenhuma delas excede em mais de 5% sobre a outra ($0.95 \leq x \leq 1.05$).
- `im_alto`: a capacidade de produção do imobilizado excede em mais de 5% a capacidade da mão-de-obra ($x < 0.95$);
- `im_exced`: a capacidade de produção do imobilizado excede em mais de 15% a capacidade da mão-de-obra ($x < 0.85$).

Nível do estoque de produto acabado no final do período anterior:

`A_ESTOQUE_PA_PANT = ("zero", "ate5pc", "ate10pc", "ate20pc", "mais")`

Após a análise dos testes e das novas variáveis propostas neste capítulo se achou necessário reformular a obtenção do volume do estoque de produto acabado ao final do período. Como se pode notar nos testes (2º ao 6º) o principal estado esperado é de que o atributo desta variável seja igual ao "zero" ou pelo menos "ate5pc", o que indicaria um volume de produção e vendas equilibrado para o período. Com uma boa probabilidade de lucro.

As alternativas que compõem esta variável são obtidas agora pela divisão do saldo em estoque pelo volume de vendas informado no relatório confidencial da empresa do GI-EPS.

Nível do estoque de insumos (matéria-prima) no final do período anterior:

`A_ESTOQUE_IS_PANT = ("zero", "ate10pc", "ate50pc", "atecempc", "atedobro", "mais")`

Mudança também na forma de indicar para o sistema o nível de estoque de matéria-prima. Antes era baseado na média consumida por todos, agora de forma mais direta é calculado pela divisão do saldo em estoque pelo volume consumido pela produção, também disponível no relatório confidencial do GI-EPS.

a.4.1 Novas variáveis

Notou-se que o SEPADO necessitaria também da inclusão de novas variáveis, para aumentar a amplitude das decisões, que ficaram bem incompletas em alguns itens das informações que foram repassadas ao GI-EPS nas versões de teste.

Propaganda para o próximo período:

S_PROPAGANDA = ("zero", "um", "dois", "tres", "quatro", "cinco", "seis", "sete",
"oito", "nove", "dez_ou_mais")

V.U.: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

É de se comentar que a falta desta variável nos testes teve um efeito menor do que o esperado, muito provavelmente por que os fatores preço, prazo e desconto foram nitidamente mais importantes, ficando os efeitos da propaganda ligados mais aos resultados da concorrência.

Como dificilmente as empresas com o SEPADO tinham produtos para entregar esta sempre ficava em último no Marketing (Demanda X Oferta), o que mostrou que o SEPADO quebrou a influência direta do mesmo e o uso desta variável é útil principalmente no que toca a redução dos custos com propaganda desnecessária.

O Imobilizado está alto demais, vende-se algum Imobilizado ou não?

S_VENDER_IMOBILIZADO = ("sim", "não")

Acompanhando os testes se nota que além de modificar o investimento no imobilizado, seria necessário estar disponível a opção de venda do mesmo, independente um do outro, uma vez que o GI-EPS permite que ocorram os dois fatos simultaneamente, resultantes de fatores diversos como o animador do jogo ter bloqueado na jogada anterior a venda de imobilizado, o que acumula a necessidade de redução do mesmo²²¹.

A Demanda está sendo atendida?

A_VEN_DEM_PANT = ("acima_demanda", "equilibrio", "abaixo_demanda")

A empresa está vendendo tanto quanto a sua política de preço está permitindo, será que está se tomando o mercado da concorrência?

Se supõe que o acréscimo desta variável ao SEPADO, calculada pelo GI-EPS, fará com que o mesmo passe a administrar melhor a capacidade produtiva e o nível de preços, buscando um melhor balanceamento entre os dois.

As alternativas que compõem esta variável são descritas a seguir:

²²¹ Espera-se que o novo conjunto de regras detecte que não é interessante (leia-se produtivo) se colocar a compra e a venda de ativos simultaneamente no mesmo período.

- **acima_demanda:** o volume de vendas da empresa conseguiu ser maior do que a demanda obtida normalmente pela sua política de preços. Isto normalmente significa duas coisas: alguma outra empresa teve problemas ou com os seus preços ou com a oferta de seu produto; e a empresa dispunha de estoque de produto acabado suficiente para atender esta oportunidade "inesperada"²²². O valor de referência é superior a 1.05;
- **equilíbrio:** a equipe conseguiu uma ajuste quase perfeito no seu mix de preço e de produção, não esquecer que o valor aqui não é exatamente 1. Os valores de referência se encontram entre 1.05 e 0.95;
- **abaixo_demanda:** aqui houve um nítido erro entre o mix preço/produção da empresa que provavelmente baixou demais os seus preços e não planejou um volume de produção suficientemente alto, mesmo que via estocagem em períodos anteriores. O valor de referência é menor do que 0.95.

A Empresa tem lucro?

A_LUC_UNID_PANT = ("prejuizo", "insatisfatorio", "minimo", "alto")

O preço cobrado nos diversos mercados gera lucro? O volume de vendas (Demanda) é o mínimo para que a empresa possa se manter? Junto com os indicadores de Venda/Demanda e Produção/Venda permitem uma sintonia fina com os fatores de produção e de marketing da empresa. O valor deste item se encontra no relatório confidencial do GI-EPS.

As alternativas que compõem esta variável são:

- **prejuizo:** o volume de vendas da empresa pelo preço cobrado não satisfaz minimamente a sobrevivência, que dirá permita que a mesma tenha alguma chance de vitória na aplicação, deve-se buscar alternativas, quer no mix de produção, quer no mix de preços, normalmente em ambos simultaneamente. O valor de referência é inferior a 0 (zero);
- **insatisfatorio:** não tão preocupante quanto a alternativa anterior, uma vez que pelo menos os custos foram pagos (lucro / prejuízo = 0, no mínimo), a equipe deve rever com urgência os valores dos diversos itens e tentar alguma mudança. Os valores de referência se encontram entre 0 e 0.5;
- **minimo:** já é uma melhora, apesar de não ser o melhor resultado possível. A equipe já pode avaliar com maior calma o ambiente e tentar ajustes mais específicos, além de testar combinações nos diversos mercados para ver se

²²² Pode ter preparado estoque para o período de sazonalidade enquanto que a concorrência não criou uma reserva para isto.

consegue melhorar ainda mais os seus resultados. Os valores de referência se encontram entre 0.5 e 1.5;

- normal: neste item os lucros podem ter grande variação, mas o que conta é que a equipe já atingiu um certo grau de maturidade com a análise do mercado, restando agora procurar uma sintonia fina que permita um aumento de demanda e de produtividade além de um progressivo aumento nos preços, o que certamente melhorará o resultado final. Os valores de referência se encontram acima de 1.5.

A Empresa produz o suficiente?

A_PROD_VEND_PANT = ("estocagem", "equilibrio", "falta_produto")

O volume produzido condiz com o nível de vendas atual? As empresas passam por diversos períodos durante o jogo, em que o excesso de estoques, ou a sua escassez pode levar a perdas de oportunidades de lucros, etc. Desta maneira, além do indicador da eficiência do preço (Venda / Demanda) este indicador ajuda a determinar se a política de produção está correta. Os valores são obtidos do relatório confidencial do GI-EPS dos itens produção e vendas.

As alternativas que compõem esta variável são:

- estocagem: o volume de produção supera o de vendas no período, aumentando o volume de estoques, que poderão ser vendidos futuramente. O valor de referência é superior a 1.05;
- equilibrio: produção casada com vendas, sem grandes folgas entre ambos os volumes, indica um ajuste preciso, apesar de momentâneo, entre vendas efetivas e produção. Os valores de referência encontram-se entre 1.05 e 0.95;
- falta_produto: o planejamento do volume de produção não foi feliz (excetuando-se o caso de haver um grande volume já estocado do produto final) sendo coberto por estoques remanescentes de períodos anteriores, muito provavelmente deve ser necessário rever o nível dos preços de venda, mas principalmente a capacidade de produção total da empresa. Os valores de referência se encontram abaixo de 0.95.

Problemas de Produção?

V_PRODUCAO = ("nenhum", "mao_de_obra", "imobilizado")

Primeira variável do grupo de verificação a V_PRODUCAO aponta o risco, ou não, de que baseado na situação anterior e nas decisões D_ que SEPADO coloca possa ocorrer um problema, ou na disponibilidade de mão de obra ou na capacidade do imobilizado em atender a demanda do mercado.

Recomenda-se atenção por parte da equipe (animador) das decisões que envolvem os fatores de produção.

Produção atende Vendas?

V_PRO_VEN = ("atende", "prod_ex", "ven_sup")

Neste item se apontam possíveis problemas ou desequilíbrios entre a capacidade de produção real atual e o volume de vendas que o mercado está realizando. Cabe a equipe (animador) atentar para 2 grupos de decisões diversos que podem estar com problemas. Caso se indique que “prod_ex” se deve analisar o que está errado com os fatores de Venda (preço, propaganda, prazo, etc.) e corrigi-los se necessário²²³. Da mesma maneira em caso de “ven_sup” (vendas superiores) *deve ser necessário* analisar a oportunidade de novos investimentos no Imobilizado e contratação de mão-de-obra, uma vez que a política de vendas está “*dando certo*”, novamente no caso de sazonalidade, as vendas normalmente excedem a capacidade de produção.

Está-se vendendo o máximo possível?

V_VEN_DEM = ("equilibrio", "insuficiente", "agressiva")

O SEPADO aponta o risco das decisões de preço e produção não serem compatíveis com o mercado, em caso de “insuficiente” a equipe (animador) deve analisar se as S_ envolvendo produção não estão baixas demais, no caso de “agressiva” as decisões de venda podem estar muito fortes, o que pode forçar a concorrência a começar uma “guerra” de preços.

O Preço não deve aumentar?

V_LUCRO = ("aceitavel", "precisa_atencao")

O preço está alto o suficiente para gerar lucros? Junto com as outras variáveis V_ esta variável ajuda a indicar se o que está errado é o preço. Se nas outras o problema a ser analisado pela equipe (animador) é o grupo envolvendo as decisões de venda (preço por setor, prazo, propaganda, etc.) e esta variável indicar que está sendo gerado um lucro “aceitavel”, pode ser hora de se baixar um pouco mais os preços do que o SEPADO está sugerindo. Se estiver indicando “precisa_atencao”, provavelmente existe algum outro fator além de preço, talvez um desequilíbrio entre mão-de-obra e imobilizado, ou outro custo escondido, a equipe (animador) deve analisar os seus relatórios e descobrir o que está desbalanceando tudo.

²²³ Não esquecer que o excesso pode ser o resultado da preparação para o período de sazonalidade.

Se pelo contrário, as outras variáveis indicarem que o preço não é o problema e V_LUCRO indica "precisa_atencao" se deve considerar um aumento nos preços, bem como uma diminuição em prazos, propaganda, etc., para aumentar o fator lucratividade.

A situação da empresa está problemática?

V_SITUACAO = ("venda_rentab_ok", "rentab_prob", "venda_prob",
"venda_rentab_prob", "prob_produc")

Nesta variável se pretende condensar o que é informado nas variáveis ambientais, ou de diagnóstico, informando para a equipe (animador) onde provavelmente ocorrerá o problema que poderá gerar um resultado insatisfatório nos próximos períodos. A descrição da alternativas é a seguinte:

- venda_rentab_ok: metas de vendas e rentabilidade em nível normal ou acima do desejado;
- rentab_prob: meta de vendas normal mas a meta de rentabilidade está abaixo do desejado;
- venda_prob: meta de vendas abaixo do desejado e meta de rentabilidade normal;
- venda_rentab_prob: metas de vendas e rentabilidade abaixo do desejado;
- prob_produc: situação produtiva comprometida = falta de matéria-prima ou pessoal.

Qual é o grau de inconsistência previsto?

V_INCONSISTENCIA = ("alta", "baixa")

Uma vez que o SEPADO prevê a probabilidade de surgirem problemas nas decisões que ele mesmo aponta esta variável indica o nível de preocupação global que estes problemas podem acarretar. Caso não haja previsão, ou esteja concentrado somente em uma variável V_ a inconsistência prevista será baixa; caso contrário - alta, sendo que a equipe (animador) deverá então analisar cuidadosamente o que fazer.

Qual é a Estratégia Global?

E ESTRATEGICO = ("indefinido", "luc_merc_prod", "max_prod", "estrut",
"luc_max", "gan_merc")

Não se havia até o momento preocupado com "Estratégia" nesta Tese. Programas de computador são simulações da vida real, eles não pensam estratégia como seres humanos. Para eles basta que se indique um objetivo a atingir, e eles se encarregam de buscar via cálculos matemáticos exaustivos qual o caminho a seguir. Na realidade a maioria

da pesquisa atual de IA ²²⁴ busca determinar atalhos, desvios e macetes, ou seja, alternativas para que esta busca seja o menos complexa e rápida possível além de computacionalmente mais leve, utilizando máquinas comuns do dia-a-dia. Desta maneira para o computador "Estratégia" no sentido real não existe. A única estratégia é chegar a solução ótima o mais rápido possível.

A variável "estratégia" no SEPADO se prende desta forma unicamente à necessidade de facilitar a interação com os participantes das aplicações do jogo, caso se esteja realizando a aplicação como um treinamento de estratégia do participantes. Esta variável assume portanto diversas combinações que se baseiam em diversas formas diferentes para se atingir os mesmos objetivos:

- gan_merc: Ganhar Mercado. A estratégia se baseia nas vendas da empresa serem maiores do que a sua demanda prevista normal, que é obtida pela "*Tomada, Captura ou Convencimento*" de partes não atendidas das demandas de seus concorrentes;
- luc_max: Lucro Máximo. Vencer o jogo somente se preocupando com o seu objetivo de lucro total acima ou igual a média das equipes;
- estrut: Estruturar. No SEPADO deve ser entendido como manter todos os fatores em equilíbrio, buscando com isso atingir os objetivos;
- max_prod: Máxima Produção, ou atingir os objetivos com a máxima produção possível²²⁵;
- luc_merc_prod: Lucro + Mercado + Produção. Attingir o melhor de cada 1 dos 3 objetivos principais em lucro total, marketing e produção. Tudo que resultar ou estiver ao mesmo tempo acima ou na média destes 3 objetivos simultaneamente, e;
- indefinido: Não tem uma estratégia definida ou não pôde ser enquadrado em 1 das categorias anteriores. Não só as equipes (animador) pode(m) se decidir em não seguir uma estratégia o jogo todo como está alternativa é necessária também para equilibrar as probabilidades que o SEPADO usa para os seus cálculos.

²²⁴ Excetuando-se as pesquisas com Redes Neurais, que buscam simular o comportamento dos neurônios nos seres vivos.

²²⁵ Acima + igual à média de produtividade.

Quadro a.4.1a - Configuração das variáveis quanto ao tipo, funções e atributos após as modificações propostas

VARIÁVEIS	TI PO	FUN ÇÃO	ATRIBUTOS						
A_FATOR_KANITZ_PANT	N	amb	solvente	insolvente	penumbra				
A_PRECOEXTERNO_PANT	N	amb	mn	bx	md	Al	mx		
A_PRECO_MERCADO_LOCAL	N	amb	mn	bx	md	Al	mx		
A_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS	N	amb	mn	bx	md	Al	mx		
A_LIQ_GERAL_PANT	N	amb	mn	bx	md	Al	mx		
A_CAPA_PRODUTIVA_PANT	N	amb	mo_exced	mo_alta	equil	im_alto	im_exced		
A_PROPAGANDA	N	amb	mn	bx	md	Al	mx		
A_GREVE_PROXPER	B	amb	SIM	NÃO					
A_SAZONALIDADE_PROXPER	N	amb	sazonalidade	anterior_sazonalidade	posterior_sazonalidade	intermediario			
A_IMOBILIZADO_PANT	N	amb	mn	bx	md	Al	mx		
A_ESTOQUE_PA_PANT	N	amb	zero	ate5pc	ate10pc	ate20pc	mais		
A_ESTOQUE_IS_PANT	N	amb	zero	ate10pc	ate50pc	atecempc	atedobro	mais	
A_EMPRESAS	N	amb	tres	quatro	cinco	Seis	sete	oito	nove
A_JOGADA_PROXPER	N	amb	inicial	normal	final				
A_LUC_UNID_PANT	N	amb	prejuizo	insatisfatorio	mn	Al			
A_VEN_DEM_PANT	N	amb	ac_dem	equil	ab_dem				
A_PROD_VEND_PANT	N	amb	estocagem	equil	falta_produto				
A_SITUACAO_MERCADO	N	amb	nao_informado	otimista	pessimista	Neutro			
A_MARKETING	N	amb	nao_solicitado	equilibrado	aumentar	diminuir			
O_LUCR_TOT_PROXPER	N	obj	mn	bx	md	Al	mx		
O_PRODUTIV_GER_PROXPER	N	obj	mn	bx	md	Al	mx		
O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER	N	obj	mn	bx	md	Al	mx		
O_CUSTO_TOTAL_PROXPER	N	obj	mn	bx	md	inaceitavel			
O_VENDA_DEMANDA_PROXPER	N	obj	mn	bx	md	Al			
S_PRAZOPGTOCOMPRAS	N	dec	nc	a_vista	dias_90	dias_180			
S_COMPRAINSUMOS	N	dec	nc	a5	d5	a10	d10	man_vol_anterior	
S_PESSOAL	N	dec	man	contratar_10pc	contratar_20pc	demitir_10pc	demitir_20pc		
S_IMOBILIZADO	N	dec	zero	ate5pc	ate10pc	ate20pc	mais		
S_FINANCIAMENTO	B	dec	SIM	NÃO					
S_EMPRESTIMOSCP	B	dec	SIM	NÃO					

Quadro a.4.1b - Configuração das variáveis quanto ao tipo, funções e atributos após as modificações propostas

VARIÁVEIS	TI PO	FUN ÇÃO	ATRIBUTOS						
S_APLICACAO	B	dec	SIM	NÃO					
S_DESCONTO	N	dec	zeropc	umpc	doispc	trespc	quatropc	cincopc	maisde5pc
S_PRECO_MERCADO_LOCAL	N	dec	man	a5	d5	a10	d10		
S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS	N	dec	man	a5	d5	a10	d10		
S_PRECO_EXTERNO	N	dec	man	a5	d5	a10	d10		
S_PRAZOPAGTO	N	dec	zero	ate30	ate45	ate60	ate90		
S_TURNO	N	dec	normal	extra_10	extra_20	dobrado			
S_PRECOEXTERNO	N	dec	man	a5	d5	a10	d10		
S_PROPAGANDA	N	dec	zero um	dois tres	quatro cinco	seis sete	oito nove	dez_ou_mais	
S_VENDER_IMOBILIZADO	B	dec	SIM	NAO					
S_PESQUISA_MERCADO	B	dec	SIM	NAO					
S_RELATORIO_MARKETING	B	dec	SIM	NAO					
V_PRODUCAO	N	ver	nenhum	mao_de_obra	imobilizado				
V_PRO_VEN	N	ver	atende	prod_ex	ven_sup				
V_VEN_DEM	N	ver	equilibrio	insuficiente	agressiva				
V_LUCRO	N	ver	aceitavel	pa					
V_SITUACAO	N	ver	venda_rentab_ok	rentab_prob	venda_prob	venda_rentab_prob	prod_prob		
V_INCONSISTENCIA	N	ver	alta	baixa					
E ESTRATEGICO	N	est	indefinido	luc_merc_prod	max_prod	estrut	luc_max	gan_merc	

Onde:

N = nominal;
obj = objetivos;
bx = baixo;
mx = maximo
a5 = aumentar_ate_5_pc;
d10 = diminuir_10pc_mais;

B = booleano;
dec = decisões / estratégias;
md = medio;
man = manter;
d5 = diminuir_ate_5pc;
pa = precisa_atencao

amb = ambiente;
mn = minimo;
al = alto;
nc = não_comprar;
a10 = aumentar_10pc_mais;

As figuras a.12 à 15 apresentam um esboço das telas que a nova versão do SEPADO apresentará.

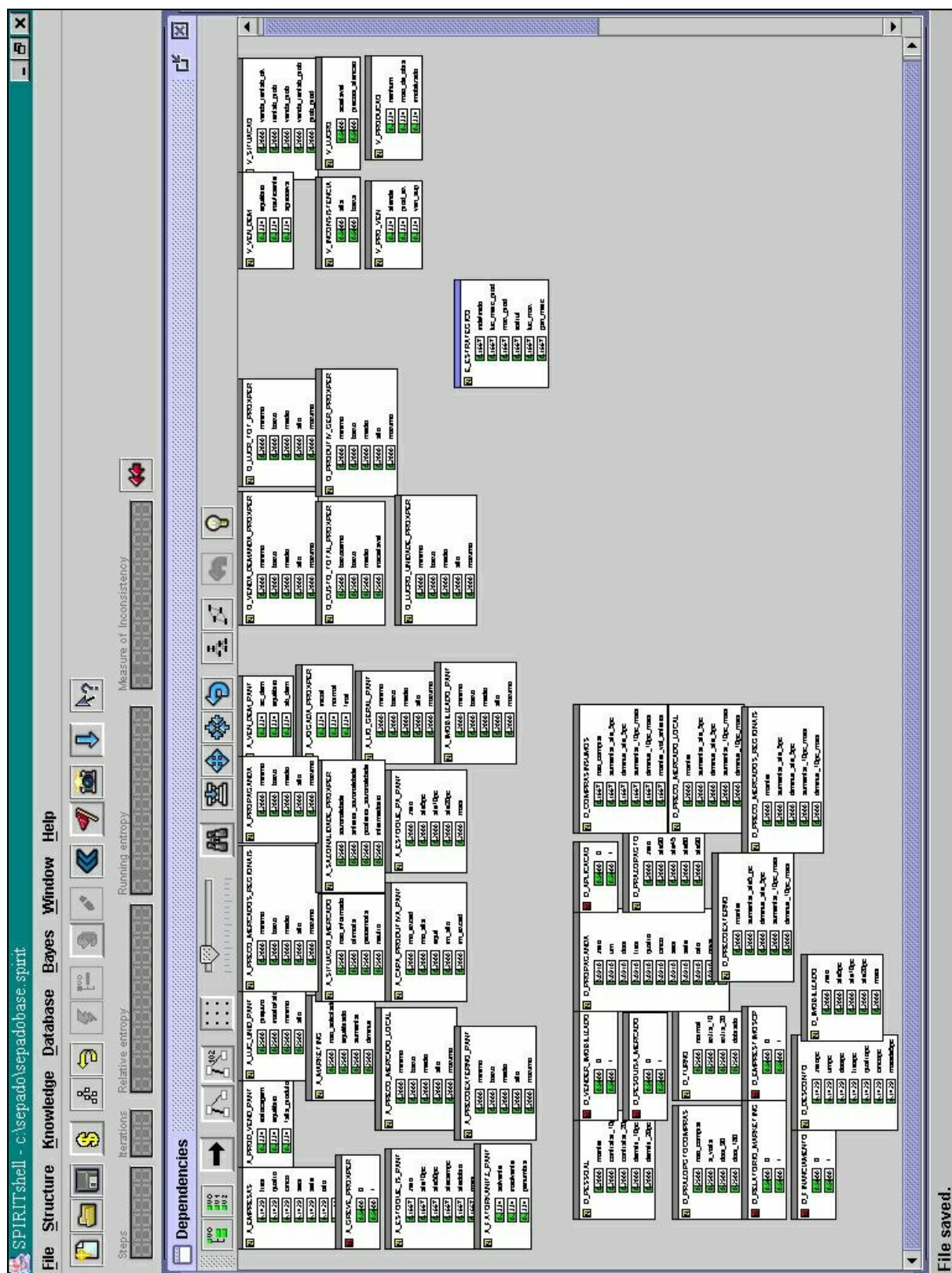


Figura a.12 - Visão Geral das Variáveis

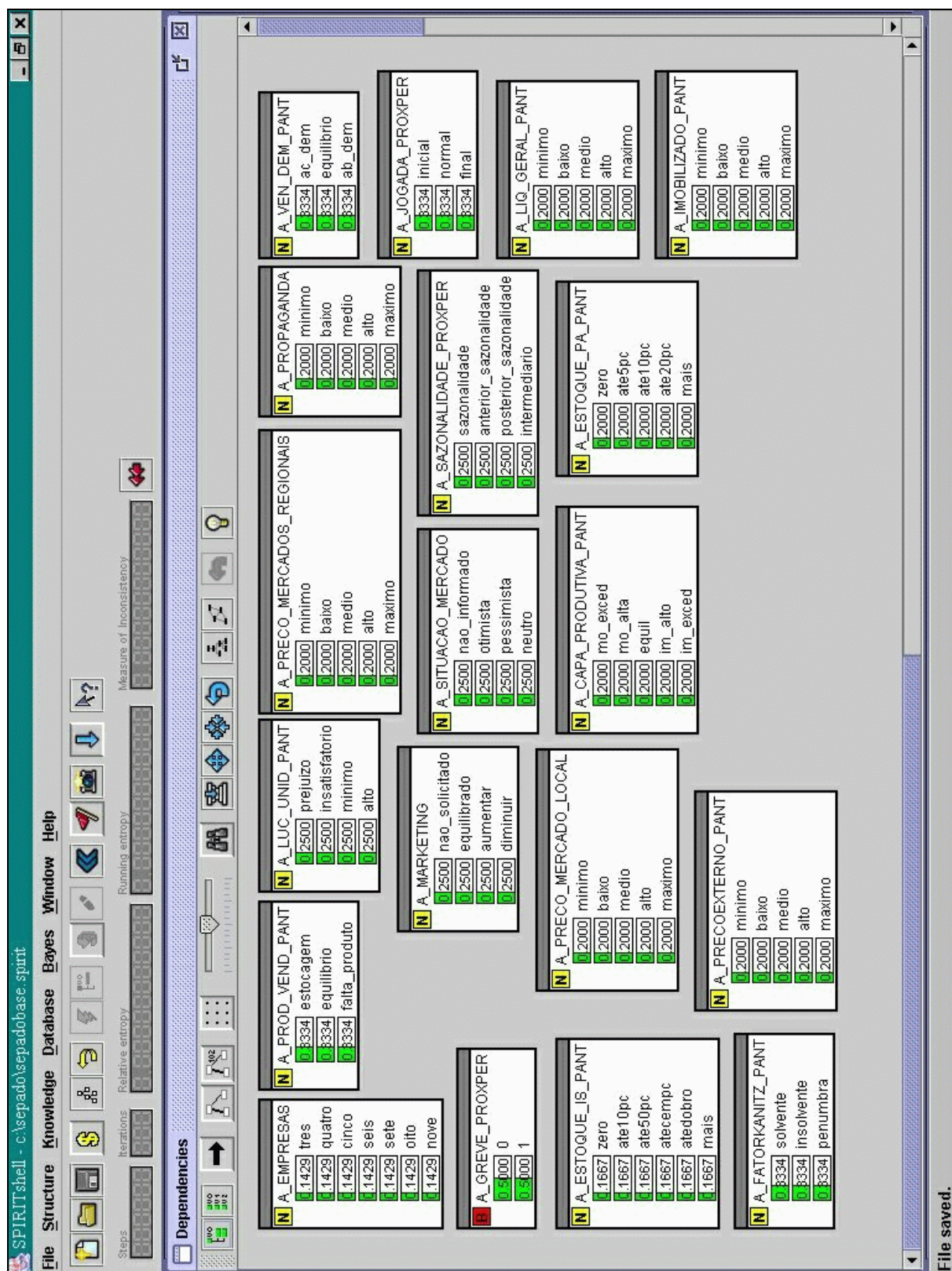


Figura a.13 - Variáveis Ambientais (Entrada de Dados)

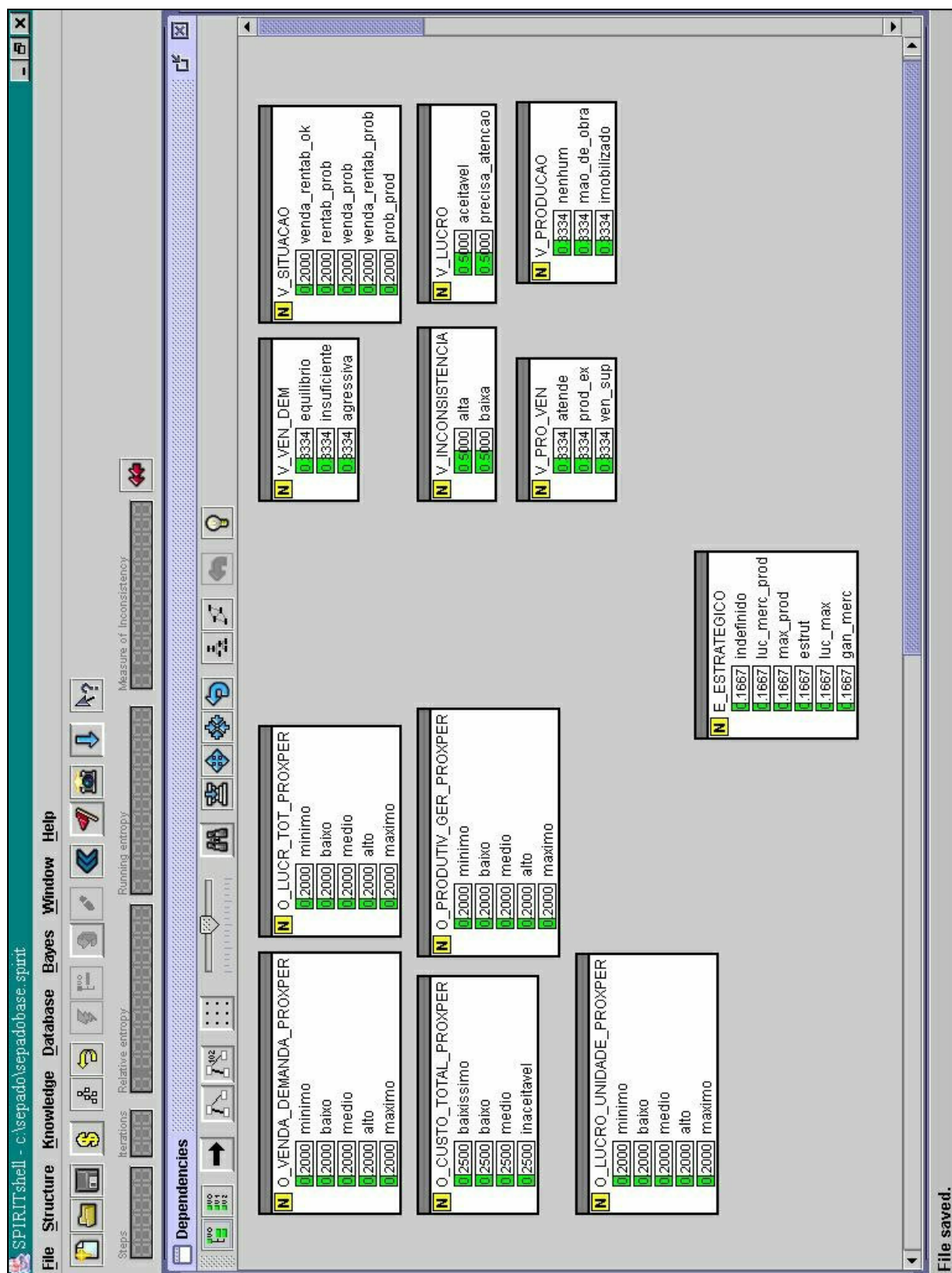


Figura a.14 - Variáveis de Objetivo, Verificação e Estratégico (Seleção de Melhor Combinação pelas Equipes)

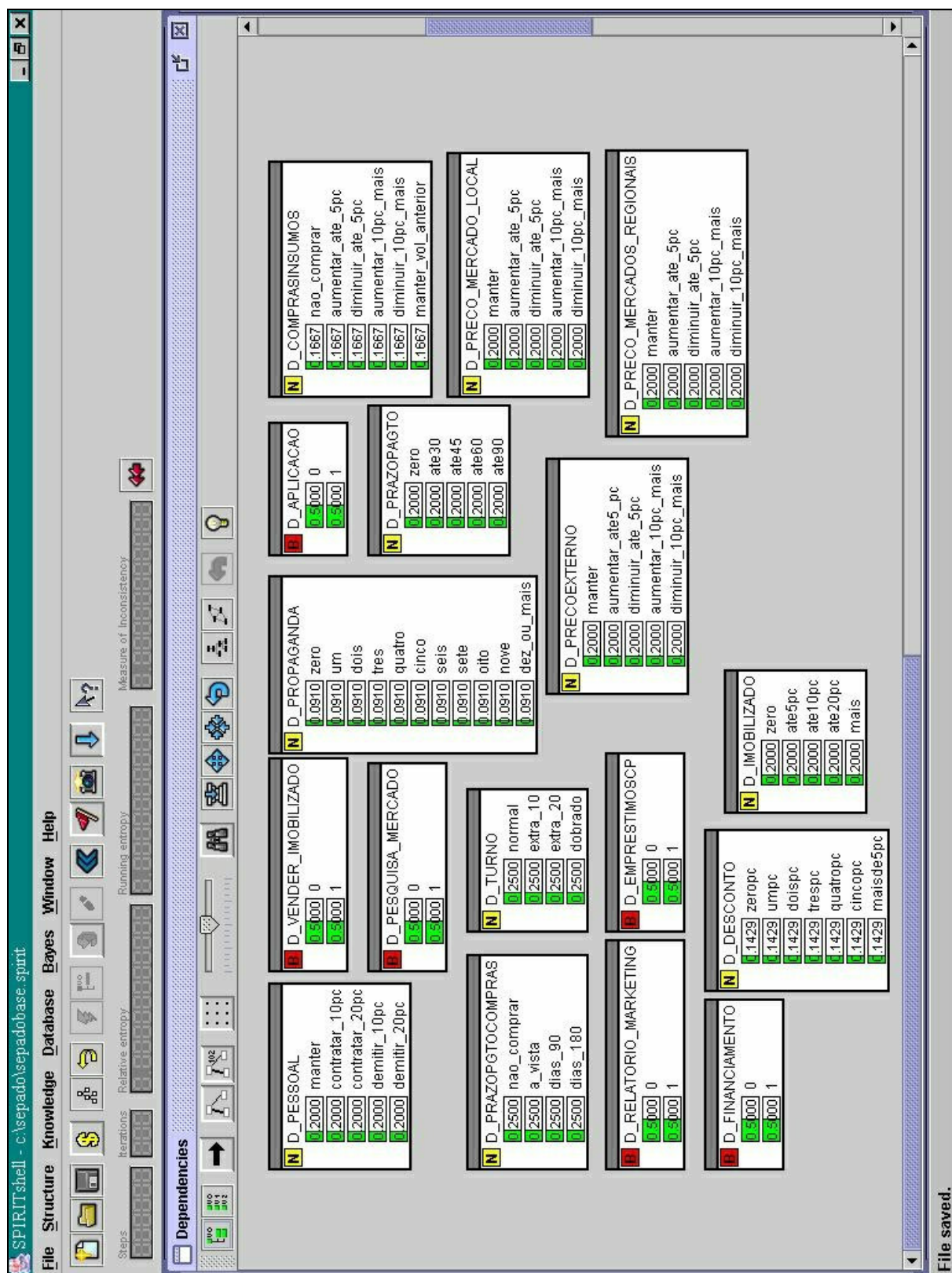


Figura a.15 - Variáveis Decisão (Combinação de Decisões Calculada pelo SEPADO)

APÊNDICE 5 - Relação de regras criadas pelo Gerador Automático e utilizadas na 2ª Fase

Neste apêndice se relacionam as regras e os fatos²²⁶, inseridos no SPIRIT, pelo gerador automático de regras em JAVA, utilizando a metodologia proposta, e testado na 2ª fase do protótipo²²⁷, para o SEPADOLIGHT com o SPIRIT 3.0.98.

```

S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar prob = 0.9980880766546181
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado prob = 0.9980879471273548
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado prob = 0.9980879471273548
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar prob = 0.9980881209990932
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar prob = 0.9999998702155282
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado prob = 0.9999998702043283
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado prob = 0.9999998702043283
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar prob = 0.9999998257861243
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado prob = 0.9999998257749252
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado prob = 0.9999998257749252
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado prob = 0.999999999797108
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado prob = 0.999999999797115
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado prob = 0.999999999797091
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado prob = 0.999999999797108
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado prob = 0.999999999797115
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado prob = 0.999999999797091
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | V_LUCRO=aceitavel prob = 0.999999647535327
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | V_LUCRO=aceitavel prob = 0.9999996475429419
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | V_LUCRO=aceitavel prob = 0.999999647512674
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | V_LUCRO=aceitavel prob = 0.999999647512674
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | S_IMOBILIZADO=aumentar prob = 0.999999977982149
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | S_IMOBILIZADO=aumentar prob = 0.999999977982723
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | S_IMOBILIZADO=aumentar prob = 0.999999977980434
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | S_IMOBILIZADO=aumentar prob = 0.999999977980434
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | A_PROD_VEND_PANT=equilibrio prob = 0.999999151377701
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | A_PROD_VEND_PANT=equilibrio prob = 0.9999991513896586
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | A_PROD_VEND_PANT=equilibrio prob = 0.999999151342775
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | A_PROD_VEND_PANT=equilibrio prob = 0.999999151342775
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio prob = 0.9999989597809583
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio prob = 0.9999989597902019
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio prob = 0.9999989597533687
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio prob = 0.9999989597533687
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9996061139191289
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9996061176148252
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9996061065282547
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9996061065282547
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | A_LUCRO_PANT=normal prob = 0.9999389343049627
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | A_LUCRO_PANT=normal prob = 0.9999389353542211
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | A_LUCRO_PANT=normal prob = 0.9999389312400839
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | A_LUCRO_PANT=normal prob = 0.9999389312400839
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | A_VEN_DEM_PANT=abaixo_demanda prob = 0.9992835356466554
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | A_VEN_DEM_PANT=abaixo_demanda prob = 0.9992835456200464
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | A_VEN_DEM_PANT=abaixo_demanda prob = 0.9992835065142522
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | A_VEN_DEM_PANT=abaixo_demanda prob = 0.9992835065142522
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | V_VENDA_DEMANDA=insuficiente prob = 0.9993224647909107
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | V_VENDA_DEMANDA=insuficiente prob = 0.9993224743769272
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | V_VENDA_DEMANDA=insuficiente prob = 0.9993224368016931
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | V_VENDA_DEMANDA=insuficiente prob = 0.9993224368016931
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente prob = 0.9996110596842678
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente prob = 0.9996110649574872
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente prob = 0.9996110442810903
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente prob = 0.9996110442810903
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | A_JOGADA_PROXPER=normal prob = 0.9993618721616798
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | A_JOGADA_PROXPER=normal prob = 0.9993618812038249
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | A_JOGADA_PROXPER=normal prob = 0.9993618457494204
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | A_JOGADA_PROXPER=normal prob = 0.9993618457494204
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=nao_exigido prob = 0.998692221931416
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9986922528650856
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9986921326224677
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9986921326224677
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_acima_da_media prob = 0.9991492641661194
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_acima_da_media prob = 0.9991492761632433
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_acima_da_media prob = 0.999149229122309
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_acima_da_media prob = 0.999149229122309
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9984745612218908
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9984745961815069
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=nao_exigido prob = 0.998474459107101
A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=nao_exigido prob = 0.998474459107101
S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | V_INCONSISTENCIA=alta prob = 0.9984893683244455
S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | V_INCONSISTENCIA=alta prob = 0.9984894033614959
A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | V_INCONSISTENCIA=alta prob = 0.9984892659835304

```

²²⁶ Fatos estão em negrito.

²²⁷ As probabilidades foram calculadas pelo próprio SPIRIT.

A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | V_INCONSISTENCIA=alta prob = 0.9984892659835304
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | O_LUCR_TOT_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9986178667783085
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | O_LUCR_TOT_PROXPER=nao_exigido prob = 0.998617900563083
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | O_LUCR_TOT_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9986177672657536
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | O_LUCR_TOT_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9986177672657536
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9983574905544446
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=nao_exigido prob = 0.998357562097087
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9983574190222579
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9983574190222579
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | V_PRODUCAO=equilibrio prob = 0.9990662850951354
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | V_PRODUCAO=equilibrio prob = 0.9990663018955742
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | V_PRODUCAO=equilibrio prob = 0.999066236061625
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | V_PRODUCAO=equilibrio prob = 0.999066236061625
 S_IMOBILIZADO=aumentar | S_TURNO=dobrado prob = 0.9993846696427918
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | S_TURNO=dobrado prob = 0.9993846956394653
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | S_TURNO=dobrado prob = 0.9993847046488867
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | S_TURNO=dobrado prob = 0.9993846693228639
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | S_TURNO=dobrado prob = 0.9993846693228639
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=equilibrio prob = 0.9988187137000665
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=equilibrio prob = 0.9988187343442979
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=equilibrio prob = 0.9988186533982988
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=equilibrio prob = 0.9988186533982988
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_abaixo_da_media prob = 0.998912742522277
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9989127733519175
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9989126524717802
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9989126524717802
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | S_PESSOAL=contratar prob = 0.9986887844723972
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | S_PESSOAL=contratar prob = 0.9986888066347601
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | S_PESSOAL=contratar prob = 0.9986887197361181
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | S_PESSOAL=contratar prob = 0.9986887197361181
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | S_PRECO_EXTERNO=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9987486615948071
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | S_PRECO_EXTERNO=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9987486811012213
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | S_PRECO_EXTERNO=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9987486046163981
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | S_PRECO_EXTERNO=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9987486046163981
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | A_LIQ_GERAL_PANT=minimo prob = 0.9983542865080836
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | A_LIQ_GERAL_PANT=minimo prob = 0.9983543228305
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | A_LIQ_GERAL_PANT=minimo prob = 0.9983541804124838
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | A_LIQ_GERAL_PANT=minimo prob = 0.9983541804124838
 V_LUCRO=aceitavel | E_ESTRATEGICO=luc_merc_prod prob = 0.9991107842036536
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | E_ESTRATEGICO=luc_merc_prod prob = 0.999110723287982
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | E_ESTRATEGICO=luc_merc_prod prob = 0.9991107356669712
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | E_ESTRATEGICO=luc_merc_prod prob = 0.9991106871287962
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | E_ESTRATEGICO=luc_merc_prod prob = 0.9991106871287962
 V_LUCRO=aceitavel | V_SITUACAO=venda_rentab_ok prob = 0.9989199208814016
 V_PRODUCAO=equilibrio | V_SITUACAO=venda_rentab_ok prob = 0.9990740788323174
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | V_SITUACAO=venda_rentab_ok prob = 0.9989198404345558
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | V_SITUACAO=venda_rentab_ok prob = 0.9989198566701163
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | V_SITUACAO=venda_rentab_ok prob = 0.9989197924566868
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | V_SITUACAO=venda_rentab_ok prob = 0.9989197924566868
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | A_SAZONALIDADE_PROXPER=intermediario prob = 0.9979880907464916
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | A_SAZONALIDADE_PROXPER=intermediario prob = 0.9979876571645904
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | A_SAZONALIDADE_PROXPER=intermediario prob = 0.9979876920319265
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | A_SAZONALIDADE_PROXPER=intermediario prob = 0.9979875553172783
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | A_SAZONALIDADE_PROXPER=intermediario prob = 0.9979875553172783
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | A_EMPRESAS=oito prob = 0.9987312310220618
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | A_EMPRESAS=oito prob = 0.9987312468682766
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | A_EMPRESAS=oito prob = 0.998731184734831
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | A_EMPRESAS=oito prob = 0.998731184734831
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=imobilizado_alto prob = 0.9986258849845694
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=imobilizado_alto prob = 0.9986259087763363
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=imobilizado_alto prob = 0.9986258154888318
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=imobilizado_alto prob = 0.9986258154888318
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=maximizar prob = 0.9976488186983231
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=maximizar prob = 0.9976488186983231
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=maximizar prob = 0.9976485946146993
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=maximizar prob = 0.9976485946146993
 S_IMOBILIZADO=aumentar | V_PRODUCAO=atencao_imobilizado prob = 0.9982382986194189
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | V_PRODUCAO=atencao_imobilizado prob = 0.9982383847547722
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | V_PRODUCAO=atencao_imobilizado prob = 0.9982384146293909
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | V_PRODUCAO=atencao_imobilizado prob = 0.9982382974692967
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | V_PRODUCAO=atencao_imobilizado prob = 0.9982382974692967
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | O_LUCR_TOT_PROXPER=maximizar prob = 0.9972048941107566
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | O_LUCR_TOT_PROXPER=maximizar prob = 0.9972049560586749
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | O_LUCR_TOT_PROXPER=maximizar prob = 0.997204714547709
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | O_LUCR_TOT_PROXPER=maximizar prob = 0.997204714547709
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | S_PESSOAL=demitir prob = 0.9984672203071774
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | S_PESSOAL=demitir prob = 0.9984672481286097
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | S_PESSOAL=demitir prob = 0.998467139040899
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | S_PESSOAL=demitir prob = 0.998467139040899
 V_LUCRO=aceitavel | V_INCONSISTENCIA=baixa prob = 0.9973967563399734
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | V_INCONSISTENCIA=baixa prob = 0.9973964591995389
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | V_INCONSISTENCIA=baixa prob = 0.9973965195851325
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | V_INCONSISTENCIA=baixa prob = 0.9973962828172002
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | V_INCONSISTENCIA=baixa prob = 0.9973962828172002
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=maximizar prob = 0.9973759366572524
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=maximizar prob = 0.9973759982943283
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=maximizar prob = 0.9973757566195188
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=maximizar prob = 0.9973757566195188
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | A_LIQ_GERAL_PANT=maximo prob = 0.9982751526223099
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | A_LIQ_GERAL_PANT=maximo prob = 0.9982751940465335
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | A_LIQ_GERAL_PANT=maximo prob = 0.9982750316250649
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | A_LIQ_GERAL_PANT=maximo prob = 0.9982750316250649
 S_IMOBILIZADO=aumentar | S_PRECO_EXTERNO=ficar_acima_da_media prob = 0.9982511525632702
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | S_PRECO_EXTERNO=ficar_acima_da_media prob = 0.9982512447071923
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | S_PRECO_EXTERNO=ficar_acima_da_media prob = 0.9982512766846783
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | S_PRECO_EXTERNO=ficar_acima_da_media prob = 0.9982511513010828
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | S_PRECO_EXTERNO=ficar_acima_da_media prob = 0.9982511513010828
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=maximizar prob = 0.9966284313032288
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=maximizar prob = 0.9966285086811801
 A CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=maximizar prob = 0.9966282052388842
 A CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=maximizar prob = 0.9966282052388842

S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | S_TURNO=normal prob = 0.9984673799296493
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | S_TURNO=normal prob = 0.998467402197047
 A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | S_TURNO=normal prob = 0.9984673148863649
 A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | S_TURNO=normal prob = 0.9984673148863649
 V_LUCRO=aceitavel | A_SAZONALIDADE_PROXPER=sazonalidade prob = 0.9984486312350335
 A_LUCRO_PANT=normal | A_SAZONALIDADE_PROXPER=sazonalidade prob = 0.9984653558329151
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | A_SAZONALIDADE_PROXPER=sazonalidade prob = 0.9984484823685813
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | A_SAZONALIDADE_PROXPER=sazonalidade prob = 0.9984485126209248
 A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | A_SAZONALIDADE_PROXPER=sazonalidade prob = 0.998448394001953
 A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | A_SAZONALIDADE_PROXPER=sazonalidade prob = 0.998448394001953
 V_LUCRO=aceitavel | A_SAZONALIDADE_PROXPER=anterior_sazonalidade prob = 0.9984454743783764
 A_LUCRO_PANT=normal | A_SAZONALIDADE_PROXPER=anterior_sazonalidade prob = 0.9984654288448878
 A_JOGADA_PROXPER=normal | A_SAZONALIDADE_PROXPER=anterior_sazonalidade prob = 0.9986652398142987
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | A_SAZONALIDADE_PROXPER=anterior_sazonalidade prob = 0.9984453253925938
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | A_SAZONALIDADE_PROXPER=anterior_sazonalidade prob = 0.9984453556691864
 A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | A_SAZONALIDADE_PROXPER=anterior_sazonalidade prob = 0.9984452369551319
 A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | A_SAZONALIDADE_PROXPER=anterior_sazonalidade prob = 0.9984452369551319
 S_IMOBILIZADO=aumentar | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_acima_da_media prob = 0.9977299629591563
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_acima_da_media prob = 0.9977300555087691
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_acima_da_media prob = 0.9977300875788084
 A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_acima_da_media prob = 0.9977299618315995
 A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_acima_da_media prob = 0.9977299618315995
 V_VENDA_DEMANDA=insuficiente | V_SITUACAO=venda_rentab_prob prob = 0.9993543343732644
 O_LUCR_TOT_PROXPER=nao_exigido | V_SITUACAO=venda_rentab_prob prob = 0.9994842880144305
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | V_SITUACAO=venda_rentab_prob prob = 0.9992468185073599
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | V_SITUACAO=venda_rentab_prob prob = 0.9992468301803415
 A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | V_SITUACAO=venda_rentab_prob prob = 0.9992467840676302
 O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=nao_exigido | V_SITUACAO=venda_rentab_prob prob = 0.9994978409721554
 A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | V_SITUACAO=venda_rentab_prob prob = 0.9992467840676302
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | E_ESTRATEGICO=luc_max prob = 0.9986284671740886
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | E_ESTRATEGICO=luc_max prob = 0.9986284862662225
 A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | E_ESTRATEGICO=luc_max prob = 0.9986284114057213
 A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | E_ESTRATEGICO=luc_max prob = 0.9986284114057213
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | A_LIQ_GERAL_PANT=medio prob = 0.9972928107473903
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | A_LIQ_GERAL_PANT=medio prob = 0.9972928749802789
 A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | A_LIQ_GERAL_PANT=medio prob = 0.9972926231275027
 A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | A_LIQ_GERAL_PANT=medio prob = 0.9972926231275027
 S_IMOBILIZADO=aumentar | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=manter_na_media prob = 0.9965115677639635
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=manter_na_media prob = 0.9965118311993226
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitado | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=manter_na_media prob = 0.9965119229773539
 A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=manter_na_media prob = 0.99651156312289
 A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=manter_na_media prob = 0.99651156312289
 S_IMOBILIZADO=aumentar | V_LUCRO=aceitavel prob = 0.9906611294040586
 V_LUCRO=aceitavel | S_IMOBILIZADO=aumentar prob = 0.9914330196242184
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_PROD_VEND_PANT=equilibrio prob = 0.9928506268303144
 S_IMOBILIZADO=aumentar | V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio prob = 0.9912479744257991
 S_IMOBILIZADO=aumentar | O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido prob = 0.989869683508454
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_VEN_DEM_PANT=abaixo_demanda prob = 0.9923740271265155
 S_IMOBILIZADO=aumentar | V_VENDA_DEMANDA=insuficiente prob = 0.990677779379803
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente prob = 0.991656579921344
 S_IMOBILIZADO=aumentar | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9889223197773747
 V_LUCRO=aceitavel | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_acima_da_media prob = 0.995643536433851
 S_IMOBILIZADO=aumentar | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_acima_da_media prob = 0.9933062515970795
 V_LUCRO=aceitavel | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9889992935417224
 S_IMOBILIZADO=aumentar | O_LUCR_TOT_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9900195839763908
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitado | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9983574905544446
 A_LUCRO_PANT=normal | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9901629997508428
 S_IMOBILIZADO=aumentar | S_PESSOAL=contratar prob = 0.9941765727592491
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | S_PESSOAL=contratar prob = 0.99116879838557
 S_IMOBILIZADO=aumentar | E_ESTRATEGICO=luc_merc_prod prob = 0.9905346301582033
 V_LUCRO=aceitavel | A_SAZONALIDADE_PROXPER=intermediario prob = 0.9923174449044032
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=imobilizado_alto prob = 0.9969860367472565
 V_LUCRO=aceitavel | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=imobilizado_alto prob = 0.9904271037395419
 V_LUCRO=aceitavel | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=maximizar prob = 0.9895709164972606
 S_IMOBILIZADO=aumentar | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=maximizar prob = 0.9895704711313781
 V_LUCRO=aceitavel | V_PRODUCAO=atencao_imobilizado prob = 0.9921640593868838
 V_LUCRO=aceitavel | O_LUCR_TOT_PROXPER=maximizar prob = 0.9951575492722903
 S_IMOBILIZADO=aumentar | V_INCONSISTENCIA=baixa prob = 0.9890323756173304
 V_LUCRO=aceitavel | A_LIQ_GERAL_PANT=maximo prob = 0.9892001288987682
 V_LUCRO=aceitavel | S_PRECO_EXTERNO=ficar_acima_da_media prob = 0.9913669113649815
 V_LUCRO=aceitavel | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=maximizar prob = 0.9913834005005067
 V_LUCRO=aceitavel | S_TURNO=normal prob = 0.9901928984976643
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_SAZONALIDADE_PROXPER=anterior_sazonalidade prob = 0.9955427811237394
 V_LUCRO=aceitavel | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_acima_da_media prob = 0.9887953181415584
 S_PRECO_EXTERNO=ficar_acima_da_media | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_acima_da_media prob = 0.9891246129482132
 V_LUCRO=aceitavel | E_ESTRATEGICO=luc_max prob = 0.9953218445303785
 V_LUCRO=aceitavel | A_LIQ_GERAL_PANT=medio prob = 0.9938893977298947
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_LIQ_GERAL_PANT=medio prob = 0.9904851680887261
 V_LUCRO=aceitavel | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=manter_na_media prob = 0.9929659783157025
 V_LUCRO=aceitavel | S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar prob = 0.9884614101859084
 S_IMOBILIZADO=aumentar | S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar prob = 0.987692179494288
 V_LUCRO=aceitavel | S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar prob = 0.9884613662766731
 S_IMOBILIZADO=aumentar | S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar prob = 0.9876921356117646
 V_LUCRO=aceitavel | A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado prob = 0.9884615384414854
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado prob = 0.9876923076722657
 V_LUCRO=aceitavel | A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado prob = 0.9884615384414854
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado prob = 0.9876923076722657
 V_LUCRO=aceitavel | A_PROD_VEND_PANT=equilibrio prob = 0.9888792244160545
 V_LUCRO=aceitavel | V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio prob = 0.9880657980161373
 V_LUCRO=aceitavel | O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9874355998071583
 V_LUCRO=aceitavel | A_LUCRO_PANT=normal prob = 0.9890518321766458
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_LUCRO_PANT=normal prob = 0.9882143541982821
 V_LUCRO=aceitavel | A_VEN_DEM_PANT=abaixo_demanda prob = 0.9871919951903563
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | A_VEN_DEM_PANT=abaixo_demanda prob = 0.9863283638194429
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | A_VEN_DEM_PANT=abaixo_demanda prob = 0.9802825985598739
 V_LUCRO=aceitavel | V_VENDA_DEMANDA=insuficiente prob = 0.9863555253143198
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | V_VENDA_DEMANDA=insuficiente prob = 0.9863556096547661
 V_LUCRO=aceitavel | A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente prob = 0.9890051329087883
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_JOGADA_PROXPER=normal prob = 0.9886160197707274
 V_LUCRO=aceitavel | A_JOGADA_PROXPER=normal prob = 0.9877206048338842
 A_LUCRO_PANT=normal | A_JOGADA_PROXPER=normal prob = 0.98593637452094

V_LUCRO=aceitavel | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=nao_exigido prob = 0.984580419053268
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=nao_exigido prob = 0.983494995550948
 S_IMOBILIZADO=aumentar | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9866301611595036
 S_IMOBILIZADO=aumentar | V_INCONSISTENCIA=alta prob = 0.9839304934522315
 V_LUCRO=aceitavel | V_INCONSISTENCIA=alta prob = 0.9802910729438787
 V_LUCRO=aceitavel | O_LUCR_TOT_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9814216639370347
 V_LUCRO=aceitavel | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9847324798427866
 S_IMOBILIZADO=aumentar | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9834935386124475
 V_LUCRO=aceitavel | V_PRODUCAO=equilibrio prob = 0.986609182738797
 S_IMOBILIZADO=aumentar | V_PRODUCAO=equilibrio prob = 0.9828718962404148
 V_LUCRO=aceitavel | S_TURNO=dobrado prob = 0.9857505698602695
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | S_TURNO=dobrado prob = 0.9830237871405791
 A_LUCRO_PANT=normal | S_TURNO=dobrado prob = 0.980302173327128
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | S_TURNO=dobrado prob = 0.9802969787105864
 V_LUCRO=aceitavel | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=equilibrio prob = 0.9886564161975531
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=equilibrio prob = 0.9799456273214767
 V_LUCRO=aceitavel | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9828485094627106
 V_LUCRO=aceitavel | S_PESSOAL=contratar prob = 0.9881605485933314
 A_LUCRO_PANT=normal | S_PRECO_EXTERNO=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9886748977413449
 V_LUCRO=aceitavel | S_PRECO_EXTERNO=ficar_abaixo_da_media prob = 0.981934808010862
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | A_LIQ_GERAL_PANT=minimo prob = 0.9842687134178013
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_LIQ_GERAL_PANT=minimo prob = 0.9825072903868055
 V_LUCRO=aceitavel | A_LIQ_GERAL_PANT=minimo prob = 0.9807468077382986
 A_LUCRO_PANT=normal | A_LIQ_GERAL_PANT=minimo prob = 0.9790110974803033
 S_IMOBILIZADO=aumentar | V_SITUACAO=venda_rentab_ok prob = 0.9861131290393517
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_SAZONALIDADE_PROXPER=intermediario prob = 0.9866467890190671
 V_LUCRO=aceitavel | A_EMPRESAS=oito prob = 0.9808968235583079
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=imobilizado_alto prob = 0.982228370230306
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | V_PRODUCAO=atencao_imobilizado prob = 0.9800154166405787
 S_IMOBILIZADO=aumentar | O_LUCR_TOT_PROXPER=maximizar prob = 0.9787758829416434
 V_LUCRO=aceitavel | S_PESSOAL=demitir prob = 0.9861406024093187
 A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente | S_PESSOAL=demitir prob = 0.9821606084389222
 S_IMOBILIZADO=aumentar | S_PESSOAL=demitir prob = 0.979977007936339
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | V_INCONSISTENCIA=baixa prob = 0.9869427622014519
 S_IMOBILIZADO=aumentar | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=maximizar prob = 0.984281110743177
 V_LUCRO=aceitavel | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=maximizar prob = 0.9820991495921086
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_LIQ_GERAL_PANT=maximo prob = 0.9869309992123431
 A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente | A_LIQ_GERAL_PANT=maximo prob = 0.9871288603828763
 A_LUCRO_PANT=normal | A_LIQ_GERAL_PANT=maximo prob = 0.9846887484181008
 S_IMOBILIZADO=aumentar | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=maximizar prob = 0.9782692683491926
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_SAZONALIDADE_PROXPER=sazonalidade prob = 0.9839360639461479
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | V_SITUACAO=venda_rentab_prob prob = 0.98358468788746
 S_IMOBILIZADO=aumentar | V_SITUACAO=venda_rentab_prob prob = 0.9804521741327337
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | V_SITUACAO=venda_rentab_prob prob = 0.9805539339199819
 S_IMOBILIZADO=aumentar | E ESTRATEGICO=luc_max prob = 0.9820948290981224
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | E ESTRATEGICO=luc_max prob = 0.9787884206455825
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | S_IMOBILIZADO=aumentar prob = 0.9735202470782403
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | S_IMOBILIZADO=aumentar prob = 0.9704049822873041
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | A_PROD_VEND_PANT=equilibrio prob = 0.9777592973940461
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio prob = 0.9793148127068811
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | V_VENDA_DEMANDA=insuficiente prob = 0.9716596546853583
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9700489264965733
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | O_LUCR_TOT_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9752806231799359
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | O_LUCR_TOT_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9717883485877129
 A_LUCRO_PANT=normal | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=equilibrio prob = 0.9785056156336878
 S_IMOBILIZADO=aumentar | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9755462762629104
 S_IMOBILIZADO=aumentar | S_PRECO_EXTERNO=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9718462860212992
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=maximizar prob = 0.9777800879455091
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=maximizar prob = 0.9754350489853927
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=maximizar prob = 0.9690051642658393
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | S_PRECO_EXTERNO=ficar_acima_da_media prob = 0.9753032678807281
 S_IMOBILIZADO=aumentar | S_TURNO=normal prob = 0.9764017396546872
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | V_SITUACAO=venda_rentab_prob prob = 0.98358468788746
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | A_LIQ_GERAL_PANT=medio prob = 0.9700639864078534
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar prob = 0.968461412793252
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar prob = 0.9669229514473253
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar prob = 0.9684613697766629
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar prob = 0.9669229084964476
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado prob = 0.9684615384418941
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado prob = 0.9669230769034602
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado prob = 0.9684615384418941
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado prob = 0.9669230769034602
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | V_LUCRO=aceitavel prob = 0.9688712539076575
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | V_LUCRO=aceitavel prob = 0.9665366243605769
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9671514079535839
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | A_LUCRO_PANT=normal prob = 0.9656026843963519
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente prob = 0.9695609148225989
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_acima_da_media prob = 0.9687659044084059
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=nao_exigido prob = 0.965311063190203
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | V_INCONSISTENCIA=alta prob = 0.9669459032797344
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9587212211966922
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | E ESTRATEGICO=luc_merc_prob prob = 0.9690946498261017
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | V_SITUACAO=venda_rentab_ok prob = 0.9631942594136841
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | V_INCONSISTENCIA=baixa prob = 0.9660327368721223
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=maximizar prob = 0.960561180379817
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | S_TURNO=normal prob = 0.9598528568278668
 S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_acima_da_media | A_SAZONALIDADE_PROXPER=sazonalidade prob = 0.966742849660584
 V_LUCRO=aceitavel | V_SITUACAO=venda_rentab_prob prob = 0.9679225256938857
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | E ESTRATEGICO=luc_max prob = 0.9622547811888139
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | S_IMOBILIZADO=aumentar prob = 0.9501557612402237
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | V_INCONSISTENCIA=alta prob = 0.9523872741099492
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | V_PRODUCAO=equilibrio prob = 0.9579578344424137
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=equilibrio prob = 0.9552658210672585
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | S_PRECO_EXTERNO=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9550326391312378
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | O_LUCR_TOT_PROXPER=maximizar prob = 0.9480625220021851
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=maximizar prob = 0.9559107729443943
 O_PRODUTIV_GER_PROXPER=nao_exigido | S_TURNO=normal prob = 0.9576052548838747
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | A_SAZONALIDADE_PROXPER=anterior_sazonalidade prob = 0.9520063437319561
 S_IMOBILIZADO=aumentar | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_acima_da_media prob = 0.9977299629591563
 S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_acima_da_media prob = 0.9977300555087691
 S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_acima_da_media prob = 0.9977300875788084

A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_acima_da_media prob = 0.9977299618315995
 A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_acima_da_media prob = 0.9977299618315995
 V_LUCRO=aceitavel | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_acima_da_media prob = 0.9887953181415584
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | S_PESQUISA_MERCADO=nao_solicitar prob = 0.947692191693635
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | S_RELATORIO_MARKETING=nao_solicitar prob = 0.9476921530919932
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | A_CONSULTORIA_MARKETING=nao_solicitado prob = 0.9476923076737329
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | A_CONSULTORIA_SITUACAO_MERCADO=nao_informado prob = 0.9476923076737329
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | V_LUCRO=aceitavel prob = 0.9470813994957572
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio prob = 0.94828863617011
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9403308502862149
 S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_abaixo_da_media | S_PRECO_EXTERNO=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9484840296232159
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | E ESTRATEGICO=luc_merc_prod prob = 0.9455105286003397
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | V_SITUACAO=venda_rentab_ok prob = 0.9400094206072768
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_EMPRESAS=oito prob = 0.9416608318485353
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | S_PESSOAL=demitir prob = 0.9450516205351981
 S_TURN0=dobrado | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=maximizar prob = 0.9386468303747534
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | A_LIQ_GERAL_PANT=maximo prob = 0.9415556370844747
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | S_TURN0=normal prob = 0.9433037423527919
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | A_SAZONALIDADE_PROXPER=sazonalidade prob = 0.9433020232555114
 A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente | A_LIQ_GERAL_PANT=medio prob = 0.9431435107549084

APÊNDICE 6 - Relação de regras criadas pelo Gerador Automático e utilizadas no teste de campo

Neste apêndice se relacionam as regras e os fatos²²⁸, inseridos no SPIRIT, pelo gerador automático de regras em JAVA, utilizada no teste de campo do SEPADOLIGHT descrito no sub-item 3.5²²⁹, com o uso do SPIRIT 3.108.

```
V_LUCRO=aceitavel prob = 0.9815476332300164
V_LUCRO=precisa_atencao prob = 0.01845236676997026
V_LUCRO=aceitavel | V_SITUACAO=venda_rentab_ok prob = 0.9995041020704232
V_PRODUCAO=equilibrio | V_SITUACAO=venda_rentab_ok prob = 0.9995604884263866
E ESTRATEGICO=gan_mercado | V_SITUACAO=venda_rentab_ok prob = 0.9995429582477555
V_LUCRO=aceitavel | V_INCONSISTENCIA=baixa prob = 0.9985017474422242
E ESTRATEGICO=gan_mercado | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=maximizar prob = 0.9970613489684211
E ESTRATEGICO=gan_mercado | V_SITUACAO=rentab_prob prob = 0.9988032008764157
O_LUCR_TOT_PROXPER=nao_exigido | V_SITUACAO=rentab_prob prob = 0.9991336267131217
V_LUCRO=aceitavel | V_PRODUCAO=equilibrio prob = 0.9907944268842482
V_LUCRO=aceitavel | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_acima_da_media prob = 0.9929245361243184
V_LUCRO=aceitavel | S_PESSOAL=manter prob = 0.9944063605447733
A_LUCRO_PANT=normal | S_PESSOAL=manter prob = 0.9944066256455278
V_LUCRO=aceitavel | S_PRECO_EXTERNO=ficar_acima_da_media prob = 0.9928521202929051
A_LUCRO_PANT=normal | S_TURNO=extra_20 prob = 0.9972983880848665
V_LUCRO=aceitavel | S_TURNO=extra_20 prob = 0.9956388274438498
V_LUCRO=aceitavel | A_LIQ_GERAL_PANT=medio prob = 0.9913706325062234
V_LUCRO=aceitavel | A_PROGRAMA=gi-micro prob = 0.9939010131635653
V_LUCRO=aceitavel | O_LUCR_TOT_PROXPER=maximizar prob = 0.9957711894726237
A_PROGRAMA=gi-eps | S_TURNO=dobrado prob = 0.9927262353729286
V_LUCRO=aceitavel | A_SAZONALIDADE_PROXPER=anterior_sazonalidade prob = 0.9937859800855591
V_LUCRO=aceitavel | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_acima_da_media prob = 0.9933553958372563
A_LUCRO_PANT=normal | A_SAZONALIDADE_PROXPER=sazonalidade prob = 0.9959187888205472
V_LUCRO=aceitavel | A_SAZONALIDADE_PROXPER=sazonalidade prob = 0.9888215301742797
A_LUCRO_PANT=normal | A_VEN_DEM_PANT=equilibrio prob = 0.9926974171515576
V_LUCRO=aceitavel | A_VEN_DEM_PANT=equilibrio prob = 0.9902398960367863
V_LUCRO=aceitavel | O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9816182829572992
V_LUCRO=aceitavel | A_LUCRO_PANT=normal prob = 0.9858863680063747
V_LUCRO=aceitavel | A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente prob = 0.985744587435532
V_LUCRO=aceitavel | A_PROD_VEND_PANT=equilibrio prob = 0.9837018358788573
V_LUCRO=aceitavel | A_JOGADA_PROXPER=normal prob = 0.9843486482672094
A_LUCRO_PANT=normal | A_JOGADA_PROXPER=normal prob = 0.982146577507451
V_LUCRO=aceitavel | S_IMOBILIZADO=aumentar prob = 0.986436829194007
V_LUCRO=aceitavel | V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio prob = 0.9845709938698088
V_LUCRO=aceitavel | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9827754201729781
V_LUCRO=aceitavel | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=equilibrio prob = 0.9873943548241897
A_LUCRO_PANT=normal | A_CAPA_PRODUTIVA_PANT=equilibrio prob = 0.9858018717029744
V_LUCRO=aceitavel | E ESTRATEGICO=gan_mercado prob = 0.9884762232105759
V_LUCRO=aceitavel | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9834259759176344
V_LUCRO=aceitavel | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9824762627211997
V_LUCRO=aceitavel | A_VEN_DEM_PANT=abaixo_demanda prob = 0.981206415028034
V_LUCRO=aceitavel | V_VENDA_DEMANDA=insuficiente prob = 0.9811169234667201
V_LUCRO=aceitavel | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=manter_na_media prob = 0.9874640351057485
V_LUCRO=aceitavel | A_SAZONALIDADE_PROXPER=intermediario prob = 0.987861116162766
A_LUCRO_PANT=normal | A_LIQ_GERAL_PANT=maximo prob = 0.9853730131534663
V_LUCRO=aceitavel | A_LIQ_GERAL_PANT=maximo prob = 0.9797420158812968
V_LUCRO=aceitavel | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=maximizar prob = 0.9793901718364106
V_PRODUCAO=equilibrio | S_PESSOAL=demitir prob = 0.979642073681464
V_LUCRO=aceitavel | V_VENDA_DEMANDA=equilibrio prob = 0.9848347368262341
A_LUCRO_PANT=normal | A_SAZONALIDADE_PROXPER=anterior_sazonalidade prob = 0.9847314646802973
V_LUCRO=aceitavel | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=maximizar prob = 0.9770625369226732
A_LUCRO_PANT=normal | A_SAZONALIDADE_PROXPER=posterior_sazonalidade prob = 0.9865140330507359
A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_abaixo_da_media prob = 0.981659580345952
V_LUCRO=aceitavel | A_EMPRESAS=oitto prob = 0.9808987485496008
V_LUCRO=aceitavel | O_LUCR_TOT_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9709825413815703
V_LUCRO=aceitavel | A_PROGRAMA=gi-eps prob = 0.9709825413815703
V_LUCRO=aceitavel | A_EMPRESAS=nove_mais prob = 0.9788271112741734
A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente | A_SAZONALIDADE_PROXPER=intermediario prob = 0.9767817598231262
A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | A_SAZONALIDADE_PROXPER=intermediario prob = 0.9724037760212828
A_LUCRO_PANT=normal | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9732408586109137
V_LUCRO=aceitavel | A_LIQ_GERAL_PANT=minimo prob = 0.9733787527718754
A_LUCRO_PANT=normal | S_PRECO_EXTERNO=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9744773334461352
V_LUCRO=aceitavel | S_PRECO_EXTERNO=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9707506598296012
V_LUCRO=aceitavel | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=manter_na_media prob = 0.9764533186095096
V_LUCRO=aceitavel | S_TURNO=normal prob = 0.9784086739040128
V_LUCRO=aceitavel | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=maximizar prob = 0.9771074557270726
```

²²⁸ Fatos estão em negrito.

²²⁹ As probabilidades foram calculadas pelo próprio SPIRIT.

V_LUCRO=aceitavel | S_PESSOAL=contratar prob = 0.9755521581986066
 V_LUCRO=aceitavel | S_PESSOAL=demitir prob = 0.968889949333956
 V_LUCRO=aceitavel | S_TURNO=dobrado prob = 0.9711475589048818
 V_LUCRO=aceitavel | S_PRECO_EXTERNO=manter_na_media prob = 0.9770275969199272
 V_LUCRO=aceitavel | A_EMPRESAS=sete prob = 0.9784063996835778
 A_LUCRO_PANT=normal | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9714166855499935
 V_LUCRO=aceitavel | V_INCONSISTENCIA=alta prob = 0.9680289099580023
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | S_PRECO_EXTERNO=ficar_acima_da_media prob = 0.9636552745811852
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | S_TURNO=extra_20 prob = 0.9641141535419524
 V_LUCRO=aceitavel | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9664228919639662
 A_LUCRO_PANT=normal | A_LIQ_GERAL_PANT=minimo prob = 0.9680012683629765
 A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente | S_TURNO=dobrado prob = 0.9626063517174105
 S_IMOBILIZADO=aumentar | S_TURNO=dobrado prob = 0.9604852635141806
 A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente | A_SAZONALIDADE_PROXPER=posterior_sazonalidade prob = 0.9659039554979819
 V_LUCRO=aceitavel | S_IMOBILIZADO=manter prob = 0.9632923082118854
 A_LUCRO_PANT=normal | S_IMOBILIZADO=manter prob = 0.9632928651997563
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | O_LUCR_TOT_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9510227964573335
 A_LUCRO_PANT=normal | V_VENDA_DEMANDA=insuficiente prob = 0.952046894356222
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | S_PESSOAL=manter prob = 0.953999457311941
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | A_LIQ_GERAL_PANT=medio prob = 0.9539990266166953
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_SAZONALIDADE_PROXPER=intermediario prob = 0.9545636047261583
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | V_INCONSISTENCIA=baixa prob = 0.9495291569447544
 A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente | A_LIQ_GERAL_PANT=maximo prob = 0.9553961096334485
 A_LUCRO_PANT=normal | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=maximizar prob = 0.9572688117243219
 A_LUCRO_PANT=normal | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=maximizar prob = 0.9486088807778565
 S_IMOBILIZADO=aumentar | S_PESSOAL=contratar prob = 0.9530266245756687
 A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente | S_PESSOAL=demitir prob = 0.9562779625381836
 A_LUCRO_PANT=normal | S_TURNO=dobrado prob = 0.9561409943478341
 E_ESTRATEGICO=gan_mercado | V_VENDA_DEMANDA=equilibrio prob = 0.9537090546760026
 A_JOGADA_PROXPER=normal | A_SAZONALIDADE_PROXPER=anterior_sazonalidade prob = 0.9554007513081544
 V_LUCRO=aceitavel | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9578302400048195
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_abaixo_da_media prob = 0.951148785481508
 V_LUCRO=aceitavel | V_SITUACAO=rentab_prob prob = 0.9496424549454642
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | A_PROD_VEND_PANT=equilibrio prob = 0.9411220194054283
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | E_ESTRATEGICO=gan_mercado prob = 0.9420923020190833
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | A_VEN_DEM_PANT=abaixo_demanda prob = 0.9463757804872392
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | A_VEN_DEM_PANT=abaixo_demanda prob = 0.9428320680748035
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | V_VENDA_DEMANDA=insuficiente prob = 0.940239400377606
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | V_INCONSISTENCIA=alta prob = 0.9462810054174423
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_acima_da_media prob = 0.9455339660187634
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | A_PROGRAMA=gi-micro prob = 0.9475893629719362
 A_LUCRO_PANT=normal | S_PESSOAL=demitir prob = 0.9477815440811856
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_acima_da_media prob = 0.9451880248885222
 S_IMOBILIZADO=aumentar | A_SAZONALIDADE_PROXPER=sazonalidade prob = 0.9463629303556068
 V_LUCRO=aceitavel | A_SAZONALIDADE_PROXPER=posterior_sazonalidade prob = 0.9481162796452165
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9408549802705203
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | V_SITUACAO=rentab_prob prob = 0.9391348688374845
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | A_EMPRESAS=oitto prob = 0.9452335253297582
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente prob = 0.9339698353825386
 A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente | S_IMOBILIZADO=aumentar prob = 0.9361232283121316
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio prob = 0.9301673807002602
 A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente | A_VEN_DEM_PANT=abaixo_demanda prob = 0.9349991777635182
 A_LUCRO_PANT=normal | V_INCONSISTENCIA=alta prob = 0.9288729509047824
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | V_SITUACAO=venda_rentab_ok prob = 0.9341868472477312
 A_JOGADA_PROXPER=normal | S_TURNO=extra_20 prob = 0.9293225265281998
 A_VEN_DEM_PANT=abaixo_demanda | A_SAZONALIDADE_PROXPER=intermediario prob = 0.9390261657530553
 A_FATOR_KANITZ_PANT=solvente | V_INCONSISTENCIA=baixa prob = 0.9330856286831084
 S_PRECO_MERCADO_LOCAL=ficar_abaixo_da_media | S_PRECO_EXTERNO=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9373988720088422
 A_JOGADA_PROXPER=normal | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9341266962457019
 A_VEN_DEM_PANT=abaixo_demanda | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9307956376279397
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | V_LUCRO=aceitavel prob = 0.9223180940091463
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | A_JOGADA_PROXPER=normal prob = 0.9278282715961665
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | S_IMOBILIZADO=aumentar prob = 0.9250166834930957
 A_PROD_VEND_PANT=equilibrio | V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio prob = 0.9256651125158619
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | O_VENDA_DEMANDA_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9280521212070897
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=nao_exigido prob = 0.9240130729863326
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | O_LUCRO_UNIDADE_PROXPER=nao_exigido prob = 0.924483883586235
 S_IMOBILIZADO=aumentar | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_acima_da_media prob = 0.921909065764874
 A_JOGADA_PROXPER=normal | S_PESSOAL=manter prob = 0.9194360203298729
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | S_PRECO_MERCADO_LOCAL=manter_na_media prob = 0.920792779353601
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | A_SAZONALIDADE_PROXPER=intermediario prob = 0.9277935733158886
 A_LUCRO_PANT=normal | A_PROGRAMA=gi-micro prob = 0.9263058699482428
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | O_PRODUTIV_GER_PROXPER=maximizar prob = 0.9180880661825281
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | S_TURNO=dobrado prob = 0.9239872036435552
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | A_SAZONALIDADE_PROXPER=sazonalidade prob = 0.9202262069168498
 O_CUSTO_TOTAL_PROXPER=nao_exigido | A_SAZONALIDADE_PROXPER=posterior_sazonalidade prob = 0.9274483403385575
 V_VENDA_PRODUCAO=regiao_de_equilibrio | A_SAZONALIDADE_PROXPER=posterior_sazonalidade prob = 0.9187133631112975
 A_JOGADA_PROXPER=normal | S_IMOBILIZADO=manter prob = 0.9201907047699297
 A_SAZONALIDADE_PROXPER=posterior_sazonalidade | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9239882712657601
 V_VENDA_DEMANDA=insuficiente | S_PRECO_MERCADOS_REGIONAIS=ficar_abaixo_da_media prob = 0.9206815483573154

GLOSSÁRIO

A principal fonte para este glossário é o DIC MICHAELIS edição UOL eletrônico (promoção em CD para novos assinantes). Para outras fontes as mesmas são citadas no tópico.

- *avatar*: av.a.tar = 1 encarnação de um deus hindu em forma humana ou animal, manifestação. 2 exaltação. Aqui no sentido de uma manifestação virtual, no jogo, representando a forma física do usuário;
- embasamento: em.ba.sa.men.to = s. m. Base de edifício ou construção.
- embasar: em.ba.sar : v. Tr. dir. Fazer o embasamento de.
- *cluster*: (inglês – informática) grupo; número de terminais ou estações ou dispositivos ou posições de memória agrupadas em um local, dirigidas por um controlador de cluster; \pm *cluster controller* = controlador de cluster = computador central que controla as comunicações para um cluster de dispositivos ou posições de memória.
- *crisp*: (inglês) verbo transitivo e intransitivo - 1 anelar-se, encaracolar-se. 2 encrespar(-se), enrugar(-se). 3 torrar. 4 tornar quebradiço. // adjetivo - 1 anelado, encaracolado. 2 encrespado, crespo. 3 ondulado, enrugado. 4 friável, quebradiço. 5 torrado. 6 fresco, viçoso. 7 nítido, claro, conciso. 8 resoluto, decisivo, incisivo. 9 refrescante, revigorante. // *crispily*: advérbio - de modo encrespado, decisivamente, etc.
- *Data-mining*: mineração de dados, busca exaustiva em bases de dados, utilizando algoritmos e heurísticas específicos para a descoberta ou estabelecimento de padrões de dados.
- *dumping* (dump.ing): 1 - embarcação, descarregamento em massa. 2 - queima, exportação, liquidação ou venda de mercadorias por preços até abaixo do custo para conquistar o mercado.

Expressão geralmente usada em inglês que significa a venda de um produto em outro país, por preço menor do que o do mercado interno, visando a obter vantagem na concorrência sobre outros fornecedores estrangeiros e, talvez, evitar o nascimento de uma indústria doméstica concorrente. O dumping

implica excesso do produto no país de origem e muitas vezes venda com prejuízo para a eliminação da concorrência;

- *expertise*: ex.pert.ise - (inglês) ex.pert.ness: perícia, habilidade;
- extensional = ex.ten.sion n extensão: 1 ampliação, amplificação. 2 alongamento, prolongamento. 3 dilatação, expansão. 4 Med. distensão. 5 prorrogação. 6 aumento. 7 ramal de telefone. extension apparatus Cirurg. aparelho de extensão contínua.

Informática – extension= extensão; tornar maior; algo que torna alguma coisa maior; \pm extension cable = cabo de extensão = cabo que permite que um dispositivo localizado a alguma distância possa ser conectado; \pm extension memory = extensão de memória = memória que está localizada fora do sistema principal de computação; mas que pode ser acessada pela CPU; \pm extension tube = tubo de extensão = dispositivo que desloca as lentes fotográficas em relação à câmera para permitir fotos de aproximação; \pm filename extension = extensão de nome de arquivo = informação adicional após o nome do arquivo, indicando o tipo ou uso do arquivo (como arq. dat para arquivos de dados, arq.txt para arquivos de texto, etc.).

- *feedback*: feed.back – (inglês): Regeneração, realimentação, resposta, retroinformação: comentários e informações sobre algo que já foi feito com o objetivo de avaliação. Adjetivo de regeneração;

Informática

feedback: realimentação; (a) utilização de parte da saída de um circuito na sua entrada; \pm *feedback loop* = loop de realimentação = ocorrência de um caminho de retorno de um ponto de saída para a entrada; \pm *negative feedback* = realimentação negativa = subtração de parte da saída de um dispositivo, de sua entrada; \pm *positive feedback* = realimentação positiva = adição de parte da saída de um dispositivo para a sua entrada;

Executivo

feedback: realimentação; retroinformação. Exame de um ato em execução ou já executado, para a verificação de que é ou foi adequado aos fins em vista, geralmente para efeito de controle. O resultado ou produto regula o estado do sistema, ou dá a indicação do que é preciso fazer. É a comparação do estado real com o desejado, ou retorno de informação, ou sinal do ponto de destino para confronto com os elementos de origem. Literalmente, realimentação;

- GNU - *GNU General Public License*: padrão de distribuição de software definido pela *Free Software Foundation*, que define a forma como o software

de domínio público (normalmente com o código fonte disponível) deve ser distribuído;

- grafo: *graph* (inglês) - diagrama mostrando a relação entre duas ou mais variáveis como uma linha contínua ou pontilhada;
- homogeneidade - ho.mo.ge.nei.da.de: substantivo feminino. Qualidade de homogêneo. Antônimo.: heterogeneidade;
- LEG: *Local Event Groups*. Distribuições marginais de grupos de variáveis que tem forte dependência, vide Rödder, Kopittke e Kulmann [ROD97];
- nó: inglês - *Node*: nó, nódulo; tumor. Astronomia ou Física: nodo.

Informática:

node: nó; ponto de interconexão em uma estrutura ou rede; a tree is made of branches that connect together at nodes uma árvore é formada de ramos que se unem nos nós; this network has fibre optic connection with nodes up to one kilometer apart esta rede possui conexões de fibra ótica com nós separados por até um quilômetro de distância.

Executivo:

node: nó. Sinal que, em análise de rede (*network analysis*), é geralmente representado por um círculo que, por sua vez representa um evento (*event*). Os nós são ligados por linhas ou setas; estas indicam uma atividade (PERT - CPM).

- nodo: Veja Nó.
- SAD: Sistema de Apoio à Decisão, veja em SSD.
- SEPADO: Sistema Especialista Probabilístico de Apoio à Decisão para Objetivos, desenvolvido em SPIRIT nesta tese.
- *shell*, ou concha, no sentido direto do Inglês, tem uma melhor tradução na ciência da computação como o ambiente, estrutura básica ou interface para o desenvolvimento e execução de aplicativos, protegendo-os das complicações da programação nas linguagens convencionais de desenvolvimento de sistemas. Internamente se encontram os *ENGINES*, ou motores de inferência, que realizam o verdadeiro "trabalho", ou seja, são os especialistas a serem programados;
- sintético: sin.té.ti.co - adjetivo. Relativo à síntese. Feito em síntese; resumido;
- SSD: SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO (do inglês DSS - Decision Support System) ou Sistema de Apoio à Decisão, série de programas que ajudam a gerência na tomada de decisões;

- *token* = (inglês - informática) indicação, sinal, ficha; código interno que substitui uma palavra reservada ou declaração de programa em uma linguagem de alto nível;
- tupla: *tuple* (inglês); *Informática*: uma de uma coleção ou grupo de itens de dados que descrevem uma entidade. Ela é muito similar a um registro de um arquivo ou uma linha de uma tabela;
- UML: (*Unified Model Language*) Linguagem de Modelagem Unificada: Padrão para desenvolvimento e documentação de sistemas orientados à objeto.

AUTOR

HOMERO IVAN PIERITZ, nasceu em 1967 na cidade de Timbó / SC. Graduado pela FURB em Informática como Tecnólogo e Contabilidade a nível de Bacharelado. Mestre em Engenharia da Produção pela UFSC em 1995 na área de Economia da Engenharia com tema de Dissertação: “Sistema automatizado para avaliação de empresas: estudo de caso na área de créditos financeiros”. Iniciou o Doutorado como aluno especial na mesma área em 1996, passando à aluno regular em maio de 1997.

Sua linha de pesquisa atual se concentra nas áreas de Inteligência Artificial, Sistemas Especialistas, Lógica Difusa, etc.

Correspondências podem ser encaminhadas para o endereço Internet:

homero.pieritz@bigfoot.com